

Biblioteka EdBi

Hrvatsko biološko društvo pod pokroviteljstvom Biološkog odsjeka  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu



# Biologija uz BUBO u 4. razredu srednje škole

---

Priručnik za poučavanje i učenje

---

## Teme

*Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji  
Povijesna veza između prehrane i podneblja u kojem žive određene populacije  
Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske*

*Zrinka Pongrac Štimac, Vesna Ančić, Bojana Davda Sirovina, Martina Jarnević, Mario Slatki, Sara Perčić, Žaklin Lukša, Ivana Maguire, Petra Korać / Ines Radanović*

2023.



## Impresum

Autori: Zrinka Pongrac Štimac, Vesna Ančić, Bojana Davda Sirovina, Martina Jarnević, Mario Slatki, Sara Perčić, Žaklin Lukša, Ivana Maguire, Petra Korać

Urednik: Ines Radanović

Naslov: Biologija uz BUBO u 4. razredu srednje škole - priručnik za poučavanje i učenje

Naslov biblioteke: Biblioteka EdBi

Izdavač i sjedište: Hrvatsko biološko društvo pod pokroviteljstvom Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska

Recenzenti: Irena Labak, Damir Sirovina

Grafičko oblikovanje i prijelom: Marija Magda Radanović

Autor ilustracije na naslovnici: Marija Magda Radanović

Mjesto i godina izdanja: Zagreb, 2023.

Termini učenik i nastavnik koriste se u priručniku i u radnim materijalima poučavanja i učenja bez rodnog i spolnog obilježja.

Izvor korištenih slika bez navoda izvora: izrađeni crteži za potrebe poučavanja (autor Marija Magda Radanović), Pixabay, Wikimedia Commons, ikone unutar MS Office.



OVAJ PRIRUČNIK JE SUFINANCIRALA  
HRVATSKA ZAKLADA ZA ZNANOST  
PROJEKTOM (IP-CORONA-2020-12-3798)



## Sadržaj

Poučavanje uz BUBO materijale.....	1
Poučavanje Biologije u 4. razredu srednje škole .....	4
Koncept <i>Energetski učinci prehrane živih bića</i> u okviru makrokoncepta <i>Energija u životu svijetu</i> Biologije 4. razreda.....	4
Izvadak za tematski hodogram.....	5
Plan poučavanja i radni listići za učenje teme <i>Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji</i> .....	6
Koncept <i>Prilagodbe živih bića kao posljedice evolucije</i> u okviru makrokoncepta <i>Procesi i međuovisnosti u životu svijetu</i> Biologije 4. razreda .....	34
Izvadak za tematski hodogram.....	35
Plan poučavanja i radni listići za učenje teme <i>Povijesna veza između prehrane i podneblja u kojem žive određene populacije</i> .....	35
Terensko istraživanje <i>Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske</i> uz makrokoncept <i>Prirodoznanstveni pristup i Procesi i međuovisnosti u Životu svijetu</i> Biologije 4. razreda	55
Izvadak za tematski hodogram.....	56
Plan poučavanja i radni listići za učenje teme <i>Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske</i> ....	56



## Poučavanje uz BUBO materijale

Suvremena nastava biologije temelji se na zapažanjima učenika u prirodnom okruženju, učenju otkrivanjem i istraživačkom učenju tijekom suradničkog učenja i grupnog rada učenika. Utjecajem objektivnih okolnosti, kao što su epidemiološki uvjeti nastave ili drugi objektivni uzroci koji onemogućavaju organizaciju nastave u skladu sa suvremenim strategijama poučavanja biologije, javljaju se situacije kada su nastavnici i učenici ograničeni u provedbi iskustvenog učenja s grupnim radom učenika, aktivnog i suradničkog učenja uz praktične aktivnosti, otkrivanje temeljeno na promatranju i istraživanje, a koji se smatraju temeljima učenja biologije usmjerenom na učenika.

Kako bi se i u takvim izvanrednim okolnostima ostvarili ishodi definirani kurikulumom potrebno je prilagoditi poučavanje i učenje biologije online i hibridnom obliku učenja. Zbog toga je razvijen interaktivni model poučavanja i učenja usmjeren na učenika (ASIO model - Aktivnosti Simuliranog Istraživačkog Otkrivanja u biologiji; akronim od lat. *Asio otus* – mala ušara). ASIO model je temeljen na pripremi i korištenju simulacija promatranja i istraživanja od kojih nastavnik treba polaziti tijekom vođenja učenika pri učenju određenih nastavnih sadržaja. Razlikuju se dva oblika ASIO modela prema mjestu i načinu provedbe iz kojih proizlaze manje varijacije osnovnog modela. ASIO-1 model je vezan uz poučavanje teme u školskom okruženju bazirane na otkrivanju uz provedbu promatranja, pokusa i istraživanja uz video materijale i/ili druge dostupne izvore, a ASIO-2 uključuje materijale za izvanučioničku nastavu u stvarnoj i/ili simuliranoj provedbi uz korištenje potrebnih digitalnih alata ili video materijala terenskih promatranja, monitoringa i istraživanja.

BUBO materijali temeljeni su na ideji fleksibilnog poučavanja koja podržava korištenje svih pripremljenih materijala ili samo njihovih pojedinih dijelova, a pružaju podršku osim provedbe promatranja i istraživanja tijekom nastave i podršku njihove simulacije prema ASIO modelu. Uz svaku temu pripremljeni su materijali temeljne jedinice, koja sadrži osnove za razumijevanje osnovnih bioloških koncepata u skladu s ishodima učenja. Ti materijali za osnovno učenje nadopunjeni su brojnim različitim materijalima koji se mogu uklopiti u korištenje tijekom poučavanja temeljne jedinice, ako se primjeni individualizirani oblik poučavanja temeljen na profilima učenja, kako bi se omogućilo bolje uključivanje svih učenika u nastavu, uključujući darovite učenike i učenike s teškoćama. Kako se profili učenja temelje na specifičnim osobinama, interesima, mogućnostima, osobnostima i sposobnosti svakog pojedinog učenika, pri poučavanju bi se osim temeljne jedinice trebalo nuditi učenicima rješavanje različitih zadataka koji odgovaraju specifičnim skupinama učenika. Rješavanjem takvih individualiziranih zadataka svaki učenik, u skladu sa svojim osobinama i mogućnostima, može doprinijeti zajedničkom učenju razrednog odjela. To je i osnovna ideja poučavanja uz BUBO materijale, koja je temeljena na individualnim doprinosima kolektivnog učenja (IN-KO). Tijekom učenja ne trebaju svi učenici rješavati iste zadatke, ali pri tome se ne misli na rješavanje višefrontalnih zadataka. Ponekad samo jedan učenik može rješavati neki za njega specifičan zadatak, ili će par ili grupa učenika sa sličnim profilom učenja rješavati neki zadatak individualno ili zajedno. Preduvjet takvog načina rada je dobro vođenje u učenju na osnovu izrađenih specifičnih zadataka. Na taj način će se svaki pojedini učenik ili par/grupa učenika uključiti u zajedničko učenje cijelog razrednog odjela s prikazom i sa zaključcima generiranih na osnovu izrađenih specifičnih zadataka, kako bi na taj način doprinijeli učenju cijelog razrednog odjela. Pri tome je

neophodno primjenjivati organizatore pažnje koji će sistematizirati učenje pri vođenju poučavanja uz prezentacije učenika. U protivnom će učenici naučiti samo dio uz zadatke koji su oni radili, suprotno cilju da svaki učenik doprinese učenju cijelog razrednog odjela.

Kada je moguće potrebno je učenicima s individualiziranim kurikulumom prilagodbe postupaka ili prilagodbe sadržaja uputiti specifično pitanje na koje će moći dati odgovor. Specifični zadaci za takve učenike, ne samo u smislu pojednostavljenja osnovnih zadataka koje rješavaju svi učenici u razredu, osmišljeni su da učenici s teškoćama, u skladu sa svojim mogućnostima, sami promotre i/ili istraže zadatke te da svojim rješenjima zadataka uz podršku nastavnika doprinesu učenju cijelog razrednog odjela i ostvare osnovnu ideju njihovog integriranja u razredni odjel. Osim učenicima s teškoćama pažnju pri poučavanju treba obavezno posvetiti i visoko zainteresiranim učenicima, iako svi takvi učenici nisu neophodno i daroviti učenici. S namjerom podrške koja će omogućiti njihovo napredovanje, a da ih se ne opterećuje s učenjem predviđenim za ostale učenike koje im je u većini poznato, takvim učenicima treba ponuditi pripremljene zasebne zadatke koji će im biti dovoljno izazovni da ih rado rješavaju. Neki od takvih zadataka su izrazito teški, upravo s ciljem da se omogući podrška učenicima koji su daroviti u području biologije i prirodoslovlja, dok je dio zadataka zahtjevan, ali pristupačan za rješavanje visoko zainteresiranih učenika. Pri vođenju učenika razrednog odjela u učenju određene teme, darovitim učenicima će se postaviti pitanje koje će tražiti možda samo mali dio odgovora na njihov zadatak, jer je samo taj manji dio dostatan da upotpuni ili nadograđi učenje u skladu s ishodima učenja za određeni uzrast. Na taj način će daroviti učenici doprinijeti učenju cijelog razrednog odjela, a njima neće biti dosadno na nastavi jer će ostvariti svoje mogućnosti u potreboj nadogradnji osnovnog učenja. Materijali koji omogućavaju učenje prema različitom interesu (slabi, umjereni, znatni i izraziti), razinama ostvarenosti ishoda (zadovoljavajuća, dobra, vrlo dobra, iznimna) i dominantnoj osobnosti (ekstroverzija, ugodnost, savjesnost, emocionalna stabilnost i intelekt/otvorenost), namijenjeni su za samostalan izbor uz pojedinu temu, prema njihovom poznavanju od strane učitelja ili prema riješenim procjenama koje su ponuđene u okviru BUBO materijala za nastavnike.

Trenutno su pripremljeni materijali za dva odabrana biološka koncepta - koncept A *Energetski učinci prehrane živih bića* i koncept B *Prilagodbe živih bića kao posljedice evolucije* te uz poučavanje primjenom simulacija terenskih istraživanja. Upravo ti materijali će biti predstavljeni u ovoj knjižici u okviru tema: *Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji, Povijesna veza između prehrane i podneblja u kojem žive određene populacije, Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske*. Materijali su pripremljeni za mogućnost hibridne primjene kontaktno u učionici, online ili u hibridnom obliku prema preferencijama nastavnika. Odabir dijela materijala ovisiti će preferencijama pojedinog nastavnika za provedbom učenja u dijelu i na način kako će najbolje odgovarati učenicima pojedinog razrednog odjela. Pri tome se mogu koristiti samo materijali temeljne jedinice, neki nastavni materijali za pojedini profil, većina materijala ili svi materijali, ako se može u tematskom planiranju ostvariti dovoljno nastavnih sati za njihovu provedbu. Pri pripremi zadataka vođena je briga da se u dijelu zadataka zadrži ideja strukturiranog otkrivanja, pri čemu se učenike pitanjima vodi u opažanju i zaključivanju uz svaki korak promatranja i istraživanja, što je posebno preporučljivo za učenike srednje i slabije uspješnosti, jer na taj način mogu doseći kognitivnu razinu razumijevanja. Osim strukturiranog promatranja, dio materijala je



pripremljen u obliku otvorenog istraživanja, pri čemu se učenicima nudi osnovna metodologija, ali se od njih očekuje da sami donose odluke o provedbi istraživanja.

Platforma za učenje biologije BUBO (Baza Učenja Biologije uz Online podršku; akronim od lat. *Bubo bubo* – sova ušara) postavljena je na sustavu MoD (SRCE) i sadrži edukativne materijale za online i hibridnu upotrebu. Unutar platforme nalazi se virtualna učionica za 4. razred srednje škole s materijalima prilagođenim za hibridno korištenje u nastavi. Iako pripremljeni online materijali mogu služiti i za samostalno korištenje učenika, to nije njihova prvotna namjena, već bi ih trebali koristiti nastavnici tijekom svog vođenja učenika u ostvarivanju ishoda učenja. Materijali se mogu koristiti u cijelosti ili fragmentarno za provedbu pojedine aktivnosti, što je u duhu fleksibilnog poučavanja za koje su materijali pripremljeni.

Unutar BUBO e-kolegija *Podrška učiteljima i nastavnicima* nalaze se upute za primjenu materijala, kao i materijali za kontaktno poučavanje uz plan poučavanja koji služi kao kratka priprema za nastavu s uputama i objašnjnjima za svaku temu i uz nju pripremljene materijale. Na taj način je omogućena podrške za potporu pripravnicima i mladim nastavnicima uz poučavanje Biologije u 4. razredu srednje škole, ali i za podršku onim nastavnicima koji se još nisu okušali ili trebaju savjete za korištenje pojedinog primijenjenog načina poučavanja u skladu sa suvremenim poučavanjem biologije.

Na You Tube kanalu BUBO dostupni su video materijali za poučavanje bioloških sadržaja u okviru nastave predmeta Biologija u 4. razredu srednje škole. Materijali se mogu koristiti i za drugačije aktivnosti učenja i poučavanja, koje se mogu osmisliti na osnovu pripremljenih video materijala u odnosu na izvorišno zamišljeno njihovo korištenje tijekom poučavanja predstavljeno uz BUBO materijale. Osim osnovnih materijala za učenje uz BUBO kanal BUBO će se nastaviti nadograđivati s video materijalima pristupačnim za učenje prirodoslovnih i bioloških sadržaja u 4. razredu srednje škole.

## Poučavanje Biologije u 4. razredu srednje škole

U 4. razredu u okviru makrokoncepata proučava se molekularna osnova života, životni procesi na molekularnoj razini, obrasci evolucije na razini gena uz povezanost sa životnim uvjetima i načinom života organizama te njima uvjetovanim staničnim procesima, utjecaj biotehnologije i genetičkoga inženjerstva na život čovjeka, živi svijet i okoliš u kontekstu održivoga razvoja, a raspravama o etičkim pitanjima objedinjuju se znanja iz prethodnih razreda s naglaskom na odgovornost čovjeka (MZO, NN/2019).

### Koncept *Energetski učinci prehrane živih bića u okviru makrokoncepta Energija u živome svijetu Biologije 4. razreda*

U okviru koncepta *Energetski učinci prehrane živih bića*, u 4. razredu gimnazije, razvijena je tema *Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji*. Osmišljena je s ciljem da učenici nakon održenih aktivnosti mogu objasniti principe genetičkoga inženjerstva te da mogu raspraviti o opravdanosti, prednostima i posljedicama čovjekova istraživanja na živim organizmima. Temeljni ishod koji učenici ostvaruju radeći na pripremljenim materijalima je: BIO ŠŠ C.4.2. Raspravlja o iskorištavanju energije na različitim organizacijskim razinama živoga svijeta, ali se dijelom ostvaruju i ishodi: BIO ŠŠ B.4.1. Analizira čovjekov utjecaj na održavanje i narušavanje uravnoteženoga stanja u prirodi i bioraznolikost povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem te BIO ŠŠ B.4.2. Objasnjava životne procese na molekularnoj razini. U svim osmišljenim aktivnostima učenici ostvaruju i oba ishoda iz makrokoncepta *D. Prirodoznanstveni pristup*.

Obrada teme je podijeljena u četiri cjeline. Predviđeno je da učenici rade u skupinama, a vode ih upute i zadaci na radnim listićima. U prvoj cjelini, „Taman koliko mi treba“, svaka skupina samostalno istražuje jednu biljnu vrstu. Predviđeno je da učenici istraže sedam biljnih vrsta: soju, zlatnu rižu, rajčicu, Amflora krumpir, kukuruz, pamuk i uljanu repicu. Druga cjelina, „Bilo kuda, GM losos svuda“, započinje gledanjem filma o uzgoju GM lososa nakon kojeg učenici trebaju izraditi animaciju ili skicu kojom će objasniti nastajanje rekombinantne molekule DNA na primjeru GM lososa. Treća cjelina, „Al' se nekad dobro jelo baš“, započinje raspravom o prehrabbenim navikama ljudi koji žive u različitim klimatskim regijama. Istovremeno učenici raspravljaju i o tome podmiruje li tradicionalna ishrana energetske potrebe pojedinih populacija. Nakon rasprave, istražuju i analiziraju kvalitetu i dostupnost tradicionalnih jela iz različitih područja Hrvatske. Na kraju, u četvrtoj cjelini „U „koži“ (ili kuti?) molekularnog biologa“, osmišljavaju vlastiti proizvod poboljšanog nutritivnog sastava koji simulirano izrađuju uporabom alata koji se koriste u genetičkom inženjerstvu. Rezultate svojih istraživanja, odgovore na pitanja, postere, animacije ili prezentacije učenici postavljaju na Bubo platformu.

U današnje vrijeme moguće je uporabom genetičkog inženjerstva izmijeniti genome organizama u svrhu dobivanja proizvoda koji koriste čovječanstvu i povećanja njihova prinosa. Modificiranjem gena biljaka/životinja koje ljudske populacije koriste u prehrani moguće je proizvesti jedinke poboljšanog nutritivnog sastava, s većom razinom minerala, vitamina i antioksidansa. Osim toga, moguće je proizvesti biljke otpornije na nametnike, herbicide, nepovoljne abiotičke čimbenike i plodove s duljim rokom trajanja. Iako takvi GM organizmi pridonose kvaliteti života, istovremeno su i istraživanja i upotreba GMO-a predmet brojnih etičkih rasprava o utjecaju GMO-a na zdravlje ljudi i bioraznolikost. Radeći na ovoj temi, učenici

četvrtog razreda gimnazije dovršavaju izgradnju koncepta Energija u životu svijetu. Nakon što su usvojili temeljne pojmove te razumiju procese kojima u ekosustavima (biosferi) tvari kruže, a energija protječe, učenici mogu povezati znanja iz biologije sa znanjima stećenima na nastavi kemije, geografije, povijesti i sociologije. Trebaju Osim toga, mogu sagledati različite aspekte proizvodnje i upotrebe GMO-a te se kritički osvrnuti na njihove prednosti i nedostatke. Sve to kako bi samostalno mogli donositi odluke o primjeni rezultata bioloških otkrića u svakodnevnom životu suvremenoga čovjeka.

### Izvadak za tematski hodogram

Pri korištenju BUBO materijala uz koncept *Energetski učinci prehrane živih bića* može se u godišnji izvedbeni kurikulum unijeti odgojno-obrazovne ishode i očekivanja međupredmetnih tema prema tablici 1.

**Tablica 1 Dio GIK-a uz koncept Energetski učinci prehrane živih bića u 4. razredu SŠ**

RAZRED	4.	Dio godišnjeg izvedbenog kurikuluma uz primjenu ASIO modela učenja	
TEMATSKA CJELINA	NASTAVNA TEMA	ODGOJNO-OBRASOVNI ISHODI	OČEKIVANJA MEĐUPREDMETNIH TEMA
Genetičko inženjerstvo	<b>Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji</b>  Broj sati: 4	BIO SŠ B.4.1. Analizira čovjekov utjecaj na održavanje i narušavanje uravnoteženoga stanja u prirodi i bioraznolikost povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem.  BIO SŠ B.4.2. Objasnjava životne procese na molekularnoj razini.  BIO SŠ C.4.2. Raspravlja o iskorištavanju energije na različitim organizacijskim razinama živoga svijeta.  BIO SŠ D.4.1. Primjenjuje osnovna načela i metodologiju znanstvenoga istraživanja kritički prosuđujući rezultate i analizira posljedice razvoja znanstvene misli tijekom povijesti.  BIO SŠ D.4.2. Argumentira različita mišljenja o etičkim pitanjima u biološkim istraživanjima i primjeni rezultata bioloških otkrića u svakodnevnom životu suvremenoga čovjeka uz donošenje odluka o vlastitim postupanjima povezanim s njihovom primjenom.	<b>Zdravje</b> zdr A.5.3. Razumije važnost višedimenzionalnoga modela zdravlja. <b>Učiti kako učiti</b> uku A.4/5.1. Upravljanje informacijama. Učenik samostalno traži nove informacije iz različitih izvora, transformira ih u novo znanje i uspješno primjenjuje pri rješavanju problema. uku D.4/5.2. Suradnja s drugima. Učenik ostvaruje dobru komunikaciju s drugima, uspješno surađuje u različitim situacijama i spremam je zatražiti i ponuditi pomoći. <b>Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije</b> ikt A.5.2. Učenik se samostalno služi društvenim mrežama i računalnim oblacima za potrebe učenja i osobnoga razvoja.

## Plan poučavanja i radni listići za učenje teme *Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji*

<b>Tematska cjelina</b>
<b>Genetičko inženjerstvo</b>
<b>Nastavna tema</b>
<b>Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji - Taman koliko mi treba</b>

<b>Cilj nastavne teme</b>				
Učenici će objasniti principe genetičkoga inženjerstva, raspraviti o opravdanosti, prednostima i posljedicama čovjekova istraživanja na živim organizmima				
<table border="1"><tr><td><b>Ključni pojmovi</b></td><td><b>Temeljni koncepti</b></td></tr><tr><td>biotehnologija, genetičko inženjerstvo, genetski modificirani organizmi (GMO), rekombinantna molekula DNA</td><td>B. Procesi međuovisnosti u živome svijetu B.6. Održavanje ravnoteže u prirodi D. Prirodoznanstveni pristup D.1. Znanstvena misao u biologiji D.2. Istraživanje u biologiji</td></tr></table>	<b>Ključni pojmovi</b>	<b>Temeljni koncepti</b>	biotehnologija, genetičko inženjerstvo, genetski modificirani organizmi (GMO), rekombinantna molekula DNA	B. Procesi međuovisnosti u živome svijetu B.6. Održavanje ravnoteže u prirodi D. Prirodoznanstveni pristup D.1. Znanstvena misao u biologiji D.2. Istraživanje u biologiji
<b>Ključni pojmovi</b>	<b>Temeljni koncepti</b>			
biotehnologija, genetičko inženjerstvo, genetski modificirani organizmi (GMO), rekombinantna molekula DNA	B. Procesi međuovisnosti u živome svijetu B.6. Održavanje ravnoteže u prirodi D. Prirodoznanstveni pristup D.1. Znanstvena misao u biologiji D.2. Istraživanje u biologiji			
<b>Kontekst poučavanja koncepta</b>				
Uporabom genetičkog inženjerstva moguće je izmijeniti genome organizama u svrhu dobivanja proizvoda koji koriste čovječanstvu i povećanja njihova prinosa. Modificiranjem gena biljaka koje ljudske populacije koriste u prehrani moguće je proizvesti jedinke poboljšanog nutritivnog sastava, s većom razinom minerala, vitamina i antioksidansa, otpornije na nametnike, herbicide, nepovoljne abiotičke čimbenike i s duljim rokom trajanja.				

<b>Odgojno-obrazovni ishodi</b>
BIO SŠ B.4.1. Analizira čovjekov utjecaj na održavanje i narušavanje uravnoteženoga stanja u prirodi i bioraznolikost povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem.
BIO SŠB.4.2. Objavljava životne procese na molekularnoj razini.
BIO SŠ C.4.2. Raspravlja o iskorištavanju energije na različitim organizacijskim razinama živoga svijeta.
BIO SŠ D.4.1. Primjenjuje osnovna načela i metodologiju znanstvenoga istraživanja kritički prosuđujući rezultate i analizira posljedice razvoja znanstvene misli tijekom povijesti.
BIO SŠ D.4.2. Argumentira različita mišljenja o etičkim pitanjima u biološkim istraživanjima i primjeni rezultata bioloških otkrića u svakodnevnome životu suvremenoga čovjeka uz donošenje odluka o vlastitim postupanjima povezanim s njihovom primjenom.
<b>Ishodi razrade/aktivnosti</b>
BIO SŠ B.4.1.1. Raspravlja o prednostima i nedostatcima genetički modificiranih organizama i njihovu utjecaju na uravnoteženo stanje u prirodi.
BIO SŠ B.4.1.2. Raspravlja o mogućim rizicima primjene biotehnologije i kontroliranoga križanja.
BIO SŠ B.4.1.3. Argumentira važnost očuvanja bioraznolikosti za stabilnost ekosustava i čovjekov opstanak.
BIO SŠ B.4.1.4. Utvrđuje čovjekovu odgovornost u održavanju uravnoteženoga stanja u prirodi i očuvanju bioraznolikosti.
BIO SŠ B.4.1.5. Raspravlja o uzrocima ugroženosti vrsta i populacija.
BIO SŠ B.4.1.6. Objavljava čovjekov utjecaj na vlastitu evoluciju i evoluciju živoga svijeta.
BIO SŠ C.4.2.1. Povezuje aktivnost gena i ekonomično raspolažanje energijom.
BIO SŠ C.4.2.2. Objavljava utjecaj biotehnologije na prinos i ekonomičnost proizvodnje.
BIO SŠ C.4.2.3. Analizira biotehnološki proces uzimajući u obzir cjelokupni učinak.
BIO SŠ D.4.1.1. Prikuplja podatke uz donošenje zaključaka tijekom učenja i poučavanja.
BIO SŠ D.4.1.2. Kreira nacrt istraživanja procjenjujući primjerenost i znanstvenu korektnost predložene metodologije.
BIO SŠ D.4.1.3. Obrađuje podatke uz odgovarajuću kvalitativnu i kvantitativnu analizu.
BIO SŠ D.4.1.4. Raspravlja o prikazanim i opisanim rezultatima donoseći argumentirane zaključke.
BIO SŠ D.4.1.5. Procjenjuje različite literaturne izvore, raspravlja o dobivenim rezultatima u odnosu na njih i pravilno ih navodi.
BIO SŠ D.4.1.6. Vrednuje svoja istraživanja i istraživanja drugih učenika uz prezentaciju u usmenome i pisanoj obliku.
BIO SŠ D.4.1.7. Opisuje značajna otkrića u povijesti biologije stavljajući ih u povjesno-socijalnoekonomski kontekst uz isticanje posljedica otkrića koja su promijenila paradigmu znanosti.
BIO SŠ D.4.1.8. Raspravlja o prirodoznanstvenome pogledu koji podrazumijeva da u prirodi postoje uzročno-posljedične veze te da su prirodne pojave objašnjive i predvidljive, ali i da su znanstvena objašnjenja, teorije i modeli podložni promjenama i nadopunama.

- BIO SŠ D.4.2.1. Raspravlja o opravdanosti istraživanja na živim organizmima, posljedicama i opravdanosti čovjekova djelovanja na prirodne procese.
- BIO SŠ D.4.2.2. Objavljava važnost poštovanja autorskih prava, odgovornost znanstvenika prema društvu, ali i odgovorno korištenje tehnologijama i primjenom biološke znanosti u svakodnevnome životu.
- BIO SŠ D.4.2.3. Prepoznaće značenje vlastite odgovornosti za svoje zdravlje.

Tijek Artikulacija (pregledni nacrt nastavnog sata)		Trajanje (u pojedinačnim blok satima BS)	BS
BR. SATA	DIO SATA	HODOGRAM AKTIVNOSTI	min
	PRIJE POČETKA	<b>I. aktivnost: Taman koliko mi treba</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• podjela učenika u pet do sedam grupa (ovisi o broju učenika u razrednom odjelu; u svakoj grupi trebala bi biti tri do četiri učenika) i podjela zadaće svakoj grupi.</li> <li>• učenici unutar grupe trebaju u sedam do deset dana samostalno istražiti jednu biljnu vrstu prema pitanjima na <b>radnim listićima 1. Taman koliko mi treba</b> (sadrži sedam grupa koje istražuju sedam biljnih vrsta: soju, zlatnu rižu, rajčicu, Amflora krumpir, kukuruz, pamuk i uljanu repicu)</li> <li>• odgovore na pitanja stavljam na BUBO platformu (ili sličan alat: Padlet, Lino ploču...) koja omogućuje suradnju unutar grupe i prezentaciju grupnog rada.</li> </ul>	2
	POČETNI DIO	<b>Analiza istraživanja izvora</b> – otvoriti alat u kojem su učenici postavili odgovore na pitanja; <ul style="list-style-type: none"> <li>• predstavnici svake grupe ukratko predstave zadani biljni vrsti (do tri minute za svaku vrstu).</li> </ul>	25
1.	SREDIŠNJI DIO	<b>II. aktivnost: Bilo kuda, GM losos svuda</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• učenici zajednički gledaju <a href="#">kratki film</a> kojim će upoznati kako se i zbog čega uzbajaju GM lososi</li> <li>• podjela učenike u grupe (sedam grupa)</li> <li>• učenici istražuju zadane web stranice, ali mogu potražiti informacije i u drugim relevantnim izvorima te rješavaju <b>radni listić 2. Bilo kuda, GM losos svuda</b> - cilj je da učenici dođu do zaključka da su GM lososi i neki drugi GM organizmi uzgojeni jer imaju veću kalorijsku vrijednost (ili je brže postižu)</li> <li>• izrađuju animaciju u nekom od digitalnih alata ili skicu kojom će objasniti nastajanje rekombinantne molekule DNA na primjeru GM lososa</li> </ul>	13
	ZAVRŠNI DIO	Završna rasprava o utjecaju GM lososa na bioraznolikost u slučaju miješanja s divljim populacijama i na zdravlje ljudi.	30
	POČETNI DIO	Potaknite učenike da olujom ideja navedu što više primjera namirnica i jela karakterističnih za arapsku indijsku, kinesku, japansku, tajlandsku, južnoameričku (...) kuhinju. Povedite raspravu o prirodnim i društvenim čimbenicima proizvodnje proizvoda koji su doveli do toga da su ti sastojci najčešći u kuhinji navedenih država ili regija. Potaknite ih da povežu klimatske i reljefne preduvjetne s poljoprivrednom proizvodnjom te uzgojem životinja ili ribolovom te energetskom vrijednosti namirnica.	8
2.	SREDIŠNJI DIO	<b>III. aktivnost U „koži“ (ili kuti?) molekularnog biologa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• podjela učenike u parove/grupe (sedam do deset parova/grupa i dodatne 4 za zadatke prema interesu)</li> <li>• nastavnik odabere tradicionalna jela iz različitih regija Hrvatske (prijevod: <a href="https://croatia.hr/hr-HR/dozivljaji/gastronomija-i-enologija/najbolja-autohtona-jela-u-hrvatskoj">https://croatia.hr/hr-HR/dozivljaji/gastronomija-i-enologija/najbolja-autohtona-jela-u-hrvatskoj</a> ili slične stranice)</li> <li>• učenici rade prema <b>radnom listiću 3. A/I' se nekad dobro jelo</b></li> <li>• kratka rasprava o odgovorima</li> <li>• podjeliti učenicima zadatke <b>RL5 Šećer u mlijekočim proizvodima</b> prema razini ostvarenosti ishoda i voditi ih tijekom rješavanja</li> <li>• kratka rasprava o odgovorima</li> <li>• učenici u istim grupama rade na radnom listiću 4: <b>U „koži“ (ili kuti?) molekularnog biologa</b></li> <li>• 1. zadatak učenici trebaju osmisli i razraditi na satu, a poster ili videozapis predstavljanja proizvoda izrađuju za domaću zadaću te ga prezentiraju na idućem nastavnom satu biologije zajedno s učenicima koji su rješavali zadatke za darovite <b>RL D Analiza presjeka populacije za polimorfizam G/A</b></li> <li>• nastavnik može koristiti rubrike s kriterijima za vrednovanje postera/videozapisa učenika te radove sumativno vrednovati</li> <li>• odgovore na 2. pitanje učenici dijele putem BUBO foruma ili nekog digitalnog alata</li> </ul>	5

<b>ZAVRŠNI DIO</b>	Učenici rješavaju pitanja s izlazne kartice (u prilogu ili na BUBO). Svaki učenik odgovara individuelno. Kratka rasprava uz različite odgovore učenika.			2
	3 INFORMACIJE KOJE SU ME SE DOJMILE	3 PITANJA KOJA PROIZLAZE IZ GRADIVA	3 NEJASNOĆE / 3 PITANJA O ONOME ŠTO JE OSTALO NEJASNO	

Izlazna karta 333

<b>3 INFORMACIJE KOJE SU ME SE DOJMILE</b>	<b>3 PITANJA KOJA PROIZLAZE IZ GRADIVA</b>	<b>3 NEJASNOĆE / 3 PITANJA O ONOME ŠTO JE OSTALO NEJASNO</b>
1.	1.	1.
2.	2.	2.
3.	3.	3.

**Radni listić 1: Taman koliko mi treba**

**Grupa: Soja**

**Upoznajte soju odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Soja** (Izvor: Freepik, <https://www.freepik.com/free-photos-vectors/soybean> )

1. Ukratko opišite soju kao biljnu vrstu; navedite znanstveni naziv vrste, sistematsku pripadnost te osnovna obilježja.

---

---

---

2. Na kojim je područjima soja autohtona biljna vrsta? Opišite abiotičke uvjete koji prevladavaju na njezinom autohtonom staništu.

---

---

---

3. Kako se soja razmnožava? Opišite njezin životni ciklus.

---

---

---

4. Što je GM soja? Kako je dobivena i koje su prednosti njezina uzgoja?

---

---

---

5. Opišite abiotičke uvjete potrebne za uspješan rast i razvoj (tlo, vlaga, svjetlost, temperatura...) GM soje.

---

---

---

6. Gdje se sve soja danas uzgaja i postoji li igrdje uzgoj neGMO biljaka soje?

---

---

---

7. U koje se svrhe upotrebljava GM soja?

---

---

---

Prijedlog Internetskih stranica:



<https://bit.ly/3roMh8M>



<https://bit.ly/33otJxl>



<https://bit.ly/3fvsJdm>

**Radni listić 1: Taman koliko mi treba**

**Grupa: Zlatna riža**

**Upoznajte zlatnu rižu odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Bijela i zlatna riža** (Izvor: Erik de Castro/Reuters

<https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/26/gm-golden-rice-delay-cost-millions-of-lives-child-blindness>)

1. Ukratko opišite rižu kao biljnu vrstu; navedite znanstveni naziv vrste, sistematsku pripadnost te osnovna obilježja.

---

---

---

2. Na kojim je područjima riža autohtona biljna vrsta? Opišite abiotičke uvjete koji prevladavaju na njezinom autohtonom staništu.

---

---

---

3. Kako se riža razmnožava? Opišite njezin životni ciklus.

---

---

---

4. Što je zlatna riža? Kako je dobivena i koje su prednosti njezina uzgoja?

---

---

---

5. Opišite abiotičke uvjete potrebne za uspješan rast i razvoj (tlo, vlaga, svjetlost, temperatura...) zlatne riže.

---

---

---

6. Gdje se sve zlatna riža danas uzgaja i postoji li i gdje uzgoj neGMO riže?

---

---

---

7. U koje se svrhe upotrebljava zlatna riža?

---

---

---

Prijedlog Internetskih stranica:



<https://bit.ly/33oFLqn>



<https://bit.ly/3ttUXNB>



<https://bit.ly/33HEHh2>

**Radni listić 1: Taman koliko mi treba**

**Grupa: Rajčica**

**Upoznajte rajčicu odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Organska i GM rajčica** (Izvor: Istockphoto)

1. Ukratko opišite rajčicu kao biljnu vrstu; navedite znanstveni naziv vrste, sistematsku pripadnost te osnovna obilježja.

---

---

---

2. Na kojim je područjima rajčica autohtona biljna vrsta? Opišite abiotičke uvjete koji prevladavaju na njezinom autohtonom staništu.

---

---

---

3. Kako se rajčica razmnožava? Opišite njezin životni ciklus.

---

---

---

4. Što je GM rajčica? Kako je dobivena i koje su prednosti njezina uzgoja?

---

---

---

5. Opišite abiotičke uvjete potrebne za uspješan rast i razvoj (tlo, vлага, svjetlost, temperatura...) GM rajčice.

---

---

---

6. Gdje se sve GM rajčica danas uzgaja i postoji li i gdje uzgoj neGMO rajčice?

---

---

---

7. U koje se svrhe upotrebljava GM rajčica?

---

---

---

Prijedlog Internetskih stranica:



<https://bit.ly/3KdRh8F>



<https://bit.ly/3A2Cfhx>



<https://bit.ly/3qvMw2o>

**Radni listić 1: Taman koliko mi treba**

**Grupa: Amflora krumpir**

**Upoznajte Amflora krumpir odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Gomolj i stabiljka krumpira** (Izvor: Pixabay)

1. Ukratko opišite krumpir kao biljnu vrstu; navedite znanstveni naziv vrste, sistematsku pripadnost te osnovna obilježja.

---

---

---

2. Na kojim je područjima krumpir autohtona biljna vrsta? Opišite abiotičke uvjete koji prevladavaju na njegovom autohtonom staništu.

---

---

---

3. Kako se krumpir razmnožava? Opišite njegov životni ciklus.

---

---

---

4. Što je Amflora krumpir? Kako je dobiven i koje su prednosti njegova uzgoja?

---

---

---

5. Opišite abiotičke uvjete potrebne za uspješan rast i razvoj (tlo, vлага, svjetlost, temperatura...) Amflora krumpira.

---

---

---

6. Gdje se sve Amflora krumpir danas uzgaja i postoji li i gdje uzgoj neGMO krumpira?

---

---

---

7. U koje se svrhe upotrebljava Amflora krumpir?

---

---

---

Prijedlog Internetskih stranica:



<https://bit.ly/3rqIN5F>



<https://bit.ly/33iP3EC>



<https://bit.ly/3qz8v8Y>

**Radni listić 1: Taman koliko mi treba**

**Grupa: Kukuruz**

**Upoznajte kukuruz odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Kukuruz** (Izvor: Pixabay)

1. Ukratko opišite kukuruz kao biljnu vrstu; navedite znanstveni naziv vrste, sistematsku pripadnost te osnovna obilježja.

---

---

---

2. Na kojim je područjima kukuruz autohtona biljna vrsta? Opišite abiotičke uvjete koji prevladavaju na njegovom autohtonom staništu.

---

---

---

3. Kako se kukuruz razmnožava? Opišite njegov životni ciklus.

---

---

---

4. Što je GM kukuruz? Kako je dobiven i koje su prednosti njegova uzgoja?

---

---

---

5. Opišite abiotičke uvjete potrebne za uspješan rast i razvoj (tlo, vlaga, svjetlost, temperatura...) GM kukuruza.

---

---

---

6. Gdje se sve GM kukuruz danas uzgaja i postoji li i gdje uzgoj neGMO kukuruza?

---

---

---

7. U koje se svrhe upotrebljava GM kukuruz?

---

---

---

Prijedlog Internetskih stranica:



<https://bit.ly/3qtyrTq>



<https://bit.ly/33EFboc str.16.>



<https://bit.ly/3fvSgTu>

**Radni listić 1: Taman koliko mi treba**

**Grupa: Pamuk**

**Upoznajte pamuk odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Pamuk** (Izvor: Pixabay)

1. Ukratko opišite pamuk kao biljnu vrstu; navedite znanstveni naziv vrste, sistematsku pripadnost te osnovna obilježja.

---

---

---

2. Na kojim je područjima pamuk autohtona biljna vrsta? Opišite abiotičke uvjete koji prevladavaju na njegovom autohtonom staništu.

---

---

---

3. Kako se pamuk razmnožava? Opišite njegov životni ciklus.

---

---

---

4. Što je GM pamuk? Kako je dobiven i koje su prednosti njegova uzgoja?

---

---

---

5. Opišite abiotičke uvjete potrebne za uspješan rast i razvoj (tlo, vлага, svjetlost, temperatura...) GM pamuka.

---

---

---

6. Gdje se sve GM pamuk danas uzgaja i postoji li i gdje uzgoj neGMO pamuka?

---

---

---

7. U koje se svrhe upotrebljava GM pamuk?

---

---

---

Prijedlog Internetskih stranica:



<https://bit.ly/3GKXCpS>



<https://bit.ly/3A4cLA7>



<https://bit.ly/3fvSgTu>

**Radni listić 1: Taman koliko mi treba**

**Grupa: Uljana repica**

**Upoznajte uljanu repicu odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Polje uljane repice** (Izvor: Pixabay)

1. Ukratko opišite uljanu repicu kao biljnu vrstu; navedite znanstveni naziv vrste, sistematsku pripadnost te osnovna obilježja.

---

---

---

---

2. Na kojim je područjima uljana repica autohtona biljna vrsta? Opišite abiotičke uvjete koji prevladavaju na njezinom autohtonom staništu.

---

---

---

---

3. Kako se uljana repica razmnožava? Opišite njezin životni ciklus.

---

---

---

---

4. Što je GM uljana repica? Kako je dobivena i koje su prednosti njezina uzgoja?

---

---

---

---

5. Opišite abiotičke uvjete potrebne za uspješan rast i razvoj (tlo, vlaga, svjetlost, temperatura...) GM uljane repice.

---

---

---

6. Gdje se sve uljana repica danas uzgaja i postoji li i gdje uzgoj neGMO biljaka uljane repice?

---

---

---

7. U koje se svrhe upotrebljava GM uljana repica?

---

---

---

Prijedlog Internetskih stranica:



<https://bit.ly/3A3XUWY>



<https://bit.ly/3nuM02Y>



<https://bit.ly/3fvSgTu>

**Radni listić 2: Bilo kuda, GM losos svuda**

Losos je vrlo kvalitetna namirnica zbog visokog sadržaja omega-3 masnih kiselina, koje pozitivno djeluju na smanjenje koronarnih bolesti i bolesti srca i neophodne su za fetalni razvoj mozga; također je i bogat izvor proteina. Mnogi u SAD-u su mišljenja da GM losos može imati veliku korist za zdravlje pučanstva, ako se njime zamijene manje zdravi izvori animalnih proteina.

**Pažljivo pratite kratki film (<https://bit.ly/3KjR302>) o uzgoju GM lososa i u grupi odgovorite na pitanja i odradite sve aktivnosti navedene u radnom listiću.**

**1. Kako su stvoreni GM lososi?**

---

---

---

**2. Izradite animaciju u nekom digitalnom alatu po vlastitom izboru ili skicom prikažite nastajanje rekombinantne molekule DNA na primjeru GM lososa.**

---

---

---

**3. Koje su prednosti GM lososa u usporedbi s običnim lososima?**

---

---

---

**4. Kakve bi mogle biti posljedice miješanja GM lososa s jedinkama divljih populacija?**

---

---

---

**5. Kako bi konzumiranje mesa GM lososa moglo utjecati na zdravlje ljudi?**

---

---

---

**Radni listić 3: Al' se nekad dobro jelo**

**ZADATAK 1.** Istražite tipični (tradicionalni) jelovnik stanovništva Republike Hrvatske. Od nastavnika uzmite karticu s jednim tradicionalnim jelom Hrvata i služeći se Internetskim izvorima odgovorite na pitanja:

1. U koje se doba godine ovo jelo najčešće pripremalo ili u kakvim prigodama?

---

---

---

2. Koje su namirnice potrebne za pripravu ovog jela? Koja je od navedenih namirnica najvažnija?

---

---

---

3. Navedite dvije – tri značajke najvažnije namirnice (kalorijsku vrijednost, uvjete uzgoja, dostupnost...).

---

---

---

4. Kako je ovo jelo odgovorilo na potrebe ljudi koji su ga tradicionalno konzumirali? Istražite kojom se djelatnošću bavio najveći dio stanovnika toga kraja.

---

---

---



**Radni listić 4: U „koži“ (ili kuti) molekularnog biologa**

**ZADATAK 1.** Osmislite prehrabeni proizvod poboljšanog nutritivnog sastava čija bi primjena u ljudskoj prehrani mogla spriječiti nastanak neke bolesti, a čija bi proizvodnja uključivala genetsko modificiranje barem jednog organizma.

Svoj proizvod prezentirajte u obliku postera ili videozapisa gdje ćete detaljno objasniti nastajanje vašeg proizvoda korištenjem tehnika genetičkog inženjerstva.

Svakako navedite razloge zašto bi ljudi trebali kupiti vaš proizvod, a svoj uradak prezentirajte na idućem nastavnom satu biologije.

**ZADATAK 2.** Istražite kakva je zakonska podloga uporabe i proizvodnje genetski modificirane hrane u Republici Hrvatskoj. Odgovore podijelite putem BUBO foruma ili digitalnog alata (prijeđlog <https://en.linoit.com/>).

Zaključke raspravite zajednički u razredu.



QR kod: Zakon o genetski  
modificiranim organizmima  
<https://bit.ly/33ghZgx>

## RL 5 Šećer u mlijecnim proizvodima (A)

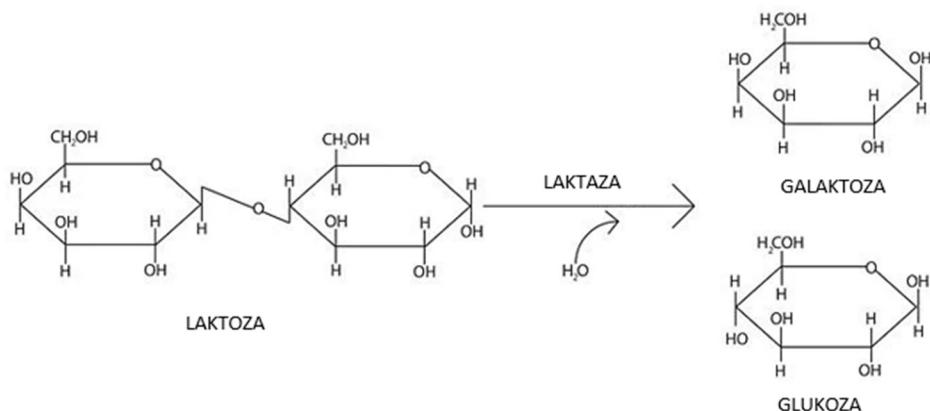
**ZADATAK:** Marko i Marija izašli su na sladoled. Svatko je poeo kuglicu sladoleda. Nakon toga svatko je popio jedan *milkshake*. Kad su došli kući Marko je bio nadut, mučili su ga grčevi i bolovi u trbuhi, imao je vjetrove, a na posljeku i proljev. Marko ima netoleranciju na šećer koji se nalazi u mlijecnim proizvodima.

Koji se šećer nalazi u mlijecnim proizvodima? \_\_\_\_\_

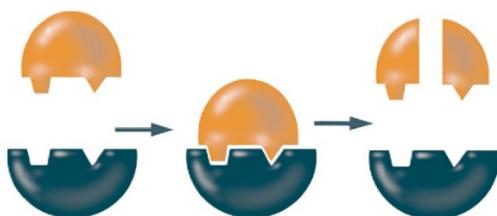
**ZADATAK:** Što znači da je laktoza disaharid?

**ZADATAK:** Što je laktaza ako znaš da ubrzava razgradnju mlijecnog šećera, a pritom se ne mijenja?

**ZADATAK:** Na slici je označena molekula laktoze i pripadajući enzim uz koji se odvija reakcija te molekula glukoze i molekula galaktoze.



Na shemi označite pojmove: molekula glukoze, molekula galaktoze, molekula laktoze te pripadajući enzim uz koji se odvija reakcija.



c) Kako se naziva takav princip djelovanja enzima i supstrata?

**ZADATAK:** Objasnite zbog čega neki ljudi ipak ne mogu probaviti mlijecne proizvode?

**ZADATAK:** Što mislite, može li većina ljudi u odrasloj dobi probaviti laktozu?

## RL 5 Šećer u mlijecnim proizvodima (B)

**ZADATAK:** Istražite zbog čega dio ljudske populacije može tijekom cijelog života konzumirati mlijecne proizvode. Objasnite zbog čega neki ljudi ne mogu probaviti mlijecne proizvode te objasnite što se događa u njihovom probavilu ako ih usprkos tome konzumiraju.

---



---



---

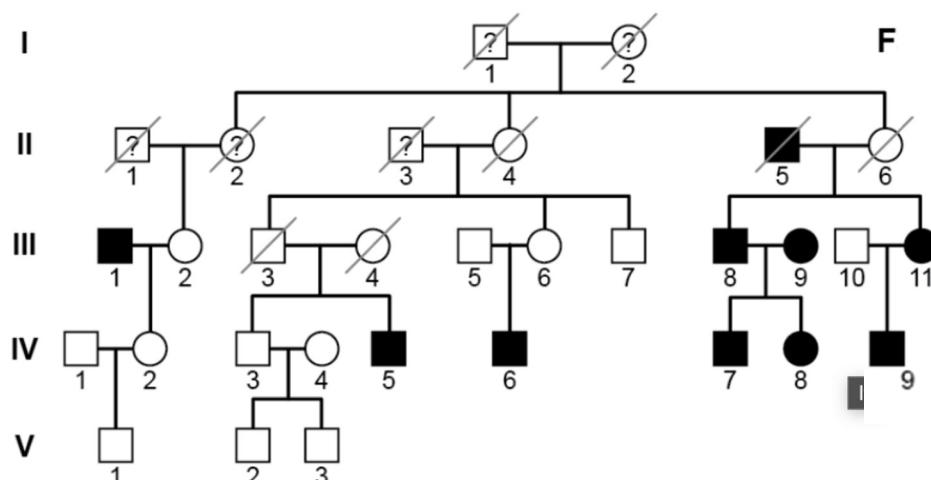


---

**ZADATAK:**

Rodoslovno stablo prikazuje nekoliko generacija obitelji u kojoj je pojavljuje netolerancija na laktozu. Pozorno proučite sliku i tablicu u kojoj je prikazano značenje pojedinih znakova koji su upotrijebljeni za izradu rodoslovnog stabla te odgovorite na pitanja koja slijede.

- a) Prema rodoslovnom stablu odredite genotip opisanim fenotipovima koristeći simbole "A" i "a".



OZNAKA	○	●	□	■	?	/
FENOTIP	žena tolerantna na laktozu	žena netolerantna laktozu	muškarac tolerantan na laktozu	muškarac netolerantan na laktozu	nepoznati fenotip	preminuli
GENOTIP						

- b) Na temelju rodoslovnog stabla odredite kako se nasljeđuje mutacija povezana s netolerancijom na laktozu.
-

## RL 5 Šećer u mlijecnim proizvodima (C)

### ZADATAK:

U tablica 1. naveden je udio ljudi u populacijama određenih zemalja koji nisu tolerantni na laktozu. Na temelju podataka iz tablice 1. zaključi u kojim se dijelovima svijeta najvjerojatnije pojavila mutacija koja omogućuje razgradnju laktoze kod većine populacije.

a) Što zaključujete na temelju tablice 1? U kojim se dijelovima svijeta pojavila mutacija koja omogućuje razgradnju laktoze kod većine odrasle populacije?

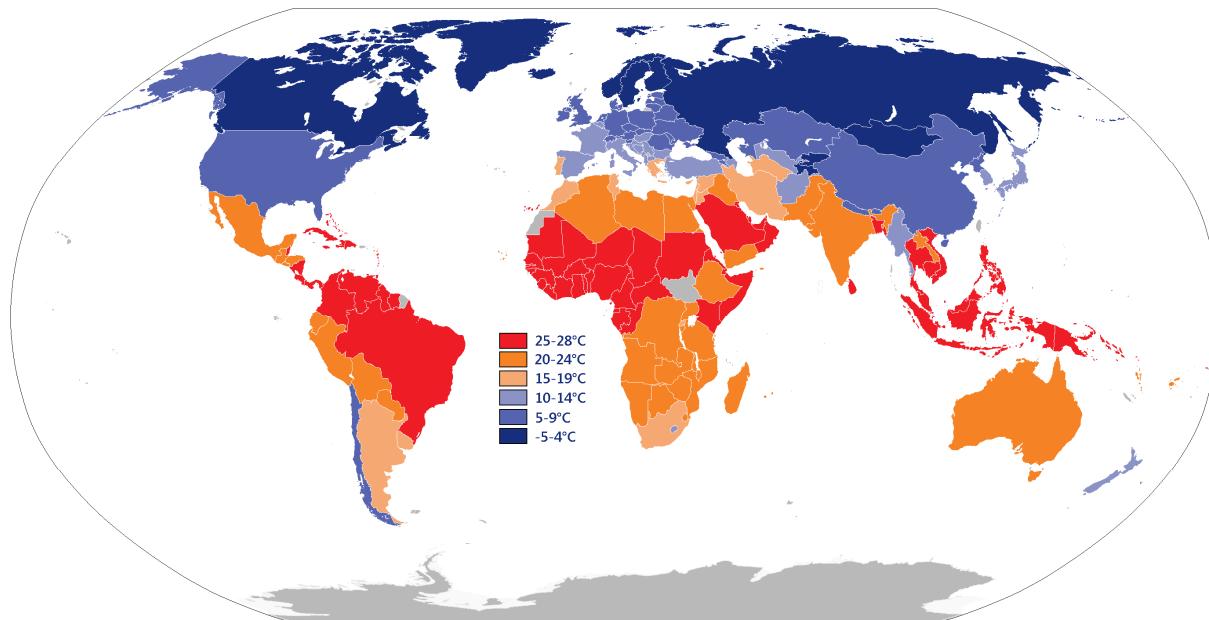
---

---

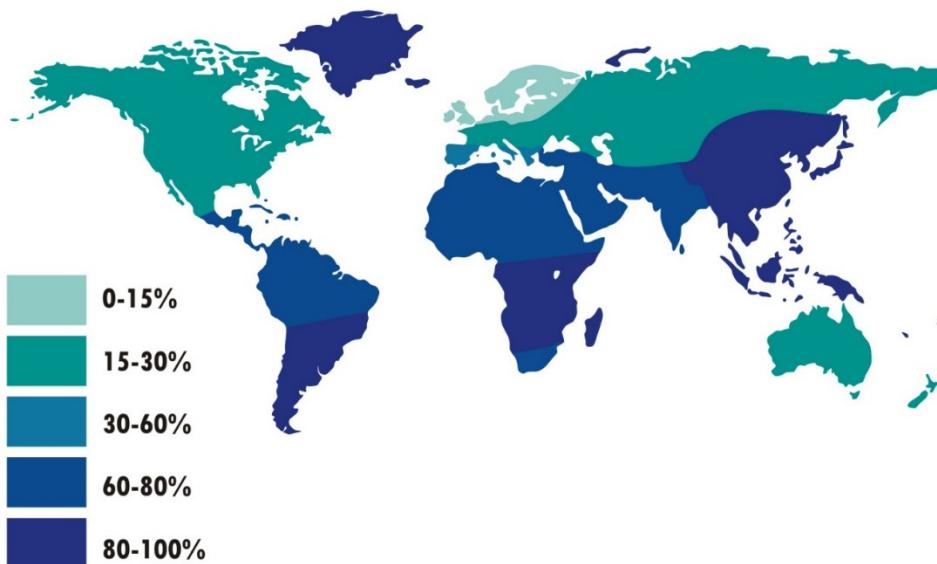
Tablica 1: Postotak ljudi koji nisu tolerantni na laktozu po državama

ZEMLJA	POSTOTAK LJUDI KOJI NISU TOLERANTNI NA LAKTOZU	ZEMLJA	POSTOTAK LJUDI KOJI NISU TOLERANTNI NA LAKTOZU
Danska	4 %	Etiopija	77 %
Sudan	55 %	Češka	81 %
Irska	4 %	Japan	73 %
Švedska	8 %	Kina	85 %
Velika Britanija	8 %	Kongo	95 %
Novi Zeland	10%	Gana	100 %
Nizozemska	12 %	Južna Koreja	100 %
Australija	44 %	Južna Afrika	81 %
Brazil	60 %	Saudijska Arabija	28 %

b) Usporedite sliku 1 i sliku 2. Kako možeš povezati prosječnu godišnju temperaturu s postotkom ljudi koji **ne toleriraju** laktozu?



Slika 1. Prosječna godišnja temperatura



Slika 2. Postotak populacije koji ne tolerira laktuzu

---

---

---

---

---

### ZADATAK:

Istražite kalorijske vrijednosti mlijeka različite koncentracije mlijecne masti te mlijecnih pripravaka kao i napitaka koji imaju funkciju zamjene mlijeka (npr. rižino, kokosovo i bademovo mlijeko). Izračunaj razlike za unos iste količine svakog napitka (npr. pola litre ili 200 ml dnevno) tijekom mjesec dana i njihov utjecaj na ukućane prema indeksu njihove tjelesne mase.

#### Kalorijske vrijednosti

---

---

---

#### Utjecaj na ukućane

---

---

---

## RL 5 Šećer u mlijecnim proizvodima (D)

Urođena intolerancija na laktozu javlja se kod beba koje se rađaju sa potpunim odsustvom laktazne aktivnosti. Prouzrokovana je mutacijama u LCT genu koji daje uputu za stvaranje enzima laktaze. Ovaj poremećaj se prenosi sa generacije na generaciju, preko recessivnog načina prenošenja, što znači da mutirani gen mora biti prenesen od oba roditelja da bi se pojavila bolest.

Mutacije u genu *MCM6* mogu utjecati na mogućnost ili nemogućnost probavljanja laktoze. Osobe s genotipom C/C ne toleriraju laktozu dok osobe s genotipom C/T i T/T toleriraju laktozu.

### ZADATAK:

- a) Na slici 1 se nalaze homologni kromosomi. Na jednom kromosomu označen je lokus gena za laktazu. Označi lokus gena za laktazu na drugom kromosomu.

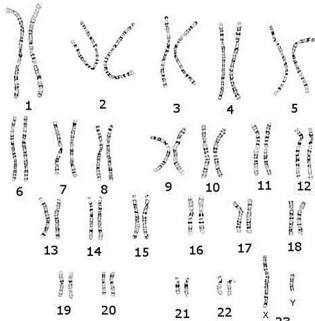


Slika 1. Lokusi gena za laktazu na homolognim kromosomima

- b) Objasnite zbog čega svaki diploidni organizam ima dvije varijante (dva alela) istog gena?
- 
- c) U kakvom su međusobnom odnosu aleli u homolognom paru kromosoma ako govorimo o heterozigotnom lokusu?
- 
- d) Osoba ima heterozigotni lokus gena *MCM6* koji je povezan s tolerancijom na laktozu. Ima li ta osoba predispoziciju za laktaznu perzistenciju (od latinskog persistere: ostati pri čem).
- 
- e) Osoba A i B su homozigoti kad je riječ o genu *MCM6*. Osoba A tolerira laktozu, a osoba B ne. Kako je to moguće?
- 

**ZADATAK:** U tablici su prikazani kratki isječci sekvencije DNA s drugog kromosoma.

- a) Istražujući literaturne izvore saznaj koji kromosomi nose gene *MCM6* i *LCT* i zaokružite ih na slici 2.



Slika 2 Kariogram čovjeka

b) Na osnovu slijeda parova baza odredite genotip (koristi oznake B i b) i fenotip svake osobe (ima li osoba predispoziciju za laktoznu netoleranciju ili ne). Osobe s genotipom C/C ne toleriraju laktozu dok osobe s genotipom C/T i T/T toleriraju laktozu. Žutom bojom označeno je mjesto mutacije.

OSOBA	GENOTIP	FENOTIP
Kopija 1, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>T</b> CCCTGG		
Kopija 2, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>T</b> CCCTGG		
Kopija 1, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>T</b> CCCTGG		
Kopija 2, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>T</b> CCCTGG		
Kopija 1, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>T</b> CCCTGG		
Kopija 2, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>C</b> CCCTGG		
Kopija 1, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>C</b> CCCTGG		
Kopija 2, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>C</b> CCCTGG		
Kopija 1, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>T</b> CCCTGG		
Kopija 2, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>C</b> CCCTGG		
Kopija 1, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>C</b> CCCTGG		
Kopija 2, kromosom 2: TAAGATAATGTAG <b>C</b> CCCTGG		

\*(izvor sekvene: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/bmb.20456>)

c) Pripada li kariogram prikazan na slici osobi ženskog ili muškog spola? Objasnите odabir.

---

**ZADATAK:** Ako prepostavimo da je netolerancija na laktozu recessivno svojstvo, a tolerancija na laktozu dominantno svojstvo, kakav genotip i fenotip mogu imati potomci heterozigotnih roditelja?

1. prikažite križanje koristeći simbole „A - dominantno“ i „a - recessivno“.

P:

G:

F1:

2. U kojem su odnosu genotipovi, a u kojem fenotipovi potomaka?

---



---

3. Koja je vjerojatnost za pojavljivanje netolerancije na laktozu u jednoj trudnoći?

---



---

**ZADATAK:** Gen *LCT* ima 49 346 parova baza.

Prepisuje li se tijekom sinteze proteina svih 49 346 parova baza? Objasnite svoj odgovor.

---



---

## RL 5 Šećer u mliječnim proizvodima (A i B)

### Pokus ŠEĆERI

**PRIBOR I KEMIKALIJE:** vodena otopina kuhinjskog šećera (saharoze, 25 g/L), mlijeko, mlijeko bez lakoze (mlijeko kojemu je uklonjena lakoza)/ pokus možeš proširiti tako da dodaš još epruveta i provjeriš zamjenske pripravke za mlijeko (bademovo, kokosovo, rižino mlijeko)/, laktaza (npr. kapi protiv dječjih kolika ili sličan pripravak koji se može nabaviti u ljekarni - enzim laktaza), trakice za mjerjenje šećera u krvi

#### POSTUPAK:

- Pripremite i označite tri epruvete (A, B i C). U jednu epruvetu stavite vodenu otopinu šećera, u drugu mlijeko, a u treću mlijeko bez lakoze. U svaku epruvetu stavite trakicu za mjerjenje šećera u krvi i izvadite nakon 30 sekundi. Trakice za mjerjenje šećera u krvi stavite na bijeli papir i fotografirajte nakon jedne minute.
- U svaku epruvetu dodajte 1 mL laktaze i lagano promiješajte.
- Ponovno u svaku epruvetu stavite trakicu za mjerjenje šećera u krvi i izvadite nakon 30 sekundi. Trakice za mjerjenje šećera u krvi stavite na bijeli papir i fotografirajte nakon jedne minute.

**PRETPOSTAVKA** (Što očekuješ da će se dogoditi?)

---

---

#### REZULTATI:

prije dodavanja laktaze	nakon dodavanja laktaze

skala boja	koncentracija glukoze (mmol/L)
	0 (neg.)
	28
	111

**ZADATAK:** U kojoj se epruveti nalazi koja otopina?

A: \_\_\_\_\_

B: \_\_\_\_\_

C: \_\_\_\_\_



**ZADATAK:** Trakice za dokazivanje šećera u krvi koriste dijabetičari. Koji šećer u krvi dokazujemo trakicama za dokazivanje šećera?

---

**ZADATAK:** Koji se šećeri nalaze u mlijeku prije i nakon dodatka laktaze? Objasnite.

---

---

**ZADATAK:** Koji se šećer nalazi u mlijeku bez laktoze? Na temelju čega to zaključujete?

---

---

**ZADATAK:** Zašto je u pokusu testirano prisustvo glukoze i u otopini šećera prije i nakon dodatka laktaze?

---

---

## Koncept *Prilagodbe živih bića kao posljedice evolucije u okviru makrokoncepta Procesi i međuovisnosti u životome svijetu Biologije 4. razreda*

U okviru koncepta *Prilagodbe živih bića kao posljedice evolucije*, razvijena je tema *Povijesna veza između prehrane i podneblja u kojem žive određene populacije*. Nastavak je teme koncepta A - Prehrana prilagođena uvjetima u kojima žive pojedine ljudske populacije na Zemlji. Osmisljena je s ciljem da učenici nakon odrađenih aktivnosti mogu objasniti utjecaj migracija i podneblja na razvoj kultura i evoluciju čovjeka. Temeljni ishod koji učenici ostvaruju radeći na pripremljenim materijalima je: BIO SŠ B.4.3. Analizirati utjecaj promjenjivih životnih uvjeta na evoluciju. U svim osmišljenim aktivnostima učenici ostvaruju i oba ishoda iz makrokoncepta D. Prirodoznanstveni pristup.

Obrada teme je podijeljena u četiri cjeline. Predviđeno je da učenici rade samostalno, u parovima i u skupinama, a vode ih upute i zadaci na radnim listićima. U prvoj cjelini, „Povratak u prošlost“, učenici upoznaju „radni dan“ arheologa i istražuju čime se bavi arheologija. Ova cjelina se u potpunosti temelji na informacijama o nalazištu Vučedol, a u sklopu projekta snimljen je i video zapis iz kojeg učenici mogu saznati aktualne i relevantne podatke o trenutnim istraživanjima na nalazištu Vučedol. Video zapis treba pomoći učenicima u rješavanju zadataka. Prva cjelina je podijeljena u četiri dijela koji obuhvaćaju upoznavanje sa zanimanjem arheologa, radnim danom na iskopinama, konzerviranje nalaza te važnosti Vučedola kao nalazišta u kontekstu novije evolucije čovjeka. U drugoj cjelini, „Arheobotanika“, učenici u parovima proučavaju zadani znanstveni rad kojim upoznaju važnost arheobotanike u rekonstrukciji načina života, gospodarstva i vegetacije određenog razdoblja u evoluciji čovjeka. Treća cjelina, „Arheobiologija“ temelji se na filmu *Ancient DNA and Human Evolution* kojeg učenici trebaju samostalno pogledati te zatim napisati kratki osvrt u obliku sažetka/eseja. U eseju trebaju objasniti razliku između mezolitskog lovca i neolitskog farmera i navesti dijelove Europe koji su osnova migracija farmera te su dovela do naseljavanja istočne Slavonije. Također, trebaju navesti koji je sastav genoma danas živućih Hrvata i razlike u genomu Europljana sa sjevera i juga Europe. Na kraju, trebaju navesti i kako je epidemija kuge utjecala na migracije stanovništva u Europi, objasniti koje su promjene u fenotipu Europljana od 8.000 god. p. Kr. do danas i zbog čega ljudi mezolitika nisu bili tolerantni na laktozu i mlijeko kao neolitski farmeri. Na satu je predviđeno da učenici analiziraju i buduju eseje jedni drugima koristeći se unaprijed zadanim rubrikom za vrednovanje. Konačno, u četvrtoj cjelini, „Migracije stanovništva“, učenici istražuju kako je analiza DNA otkrila kako su ljudske migracije iz neolitika u brončano doba transformirale društvenu i genetsku strukturu europskih društava, uključujući i populacije koje su živjele na području Republike Hrvatske. Rezultate svojih istraživanja, odgovore na pitanja, postere, animacije ili prezentacije učenici postavljaju na Bubo platformu.

Usavršene metode analize DNA pružile su u posljednjem desetljeću novi uvid u srodstvene odnose živoga svijeta te evoluciju. Brza i precizna analiza DNA omogućit će u skoroj budućnosti još točnije upoznavanje evolucije čovjeka. Rezultati će sigurno potvrditi da je nastanak ljudske vrste rezultat istih procesa i zakona koji su utjecali na nastanak bilo koje druge vrste u prošlosti ili danas. Aktivnosti osmišljene u ovoj temi trebaju dovesti učenike završnog razreda upravo do tog zaključka. Prilagodbe na uvjete okoliša posljedica su evolucije i omogućuju preživljavanje u određenim uvjetima okoliša. Promjene uvjeta okoliša mogu različito utjecati na žive organizme,

nekima će male razlike u određenim prilagodbama dati priliku za daljnje razmnožavanje i daljnju evoluciju, a drugima će one biti kobne i uzrokovat će izumiranje.

### Izvadak za tematski hodogram

Pri korištenju BUBO materijala uz koncept *Prilagodbe živih bića kao posljedice evolucije* može se u godišnji izvedbeni kurikulum unijeti odgojno-obrazovne ishode i očekivanja međupredmetnih tema prema tablici 2.

**Tablica 2 Dio GIK-a uz koncept Prilagodbe živih bića kao posljedice evolucije u 4. razredu SŠ**

RAZRED	4.	Dio godišnjeg izvedbenog kurikuluma uz primjenu ASIO modela učenja	OČEKIVANJA MEĐUPREDMETNIH TEMA
TEMATSKA CJELINA	NASTAVNA TEMA	ODGOJNO-OBRASOVNI ISHODI	
Evolucija (Evolucija čovjeka)	<b>Povijesna veza između prehrane i podneblja u kojem žive određene populacije</b> Broj sati: 4	BIO SŠ B.4.3. Analizira utjecaj promjenjivih životnih uvjeta na evoluciju.  BIO SŠ D.4.1. Primjenjuje osnovna načela i metodologiju znanstvenoga istraživanja kritički prosuđujući rezultate i analizira posljedice razvoja znanstvene misli tijekom povijesti.  BIO SŠ D.4.2. Argumentira različita mišljenja o etičkim pitanjima u biološkim istraživanjima i primjeni rezultata bioloških otkrića u svakodnevnome životu suvremenoga čovjeka uz donošenje odluka o vlastitim postupanjima povezanim s njihovom primjenom.	<b>Osobni i socijalni razvoj</b> osr B.5.2. Suradnički uči i radi u timu. <b>Zdravlje</b> zdr A.5.3. Razumije važnost višedimenzionalnoga modela zdravlja. <b>Održivi razvoj</b> odr A.5.1. Kritički promišlja o povezanosti vlastitoga načina života s utjecajem na okoliš i ljude. <b>Učiti kako učiti</b> uku A.4/5.4. Kritičko mišljenje. Učenik samostalno kritički promišlja i vrednuje ideje. uku D.4/5.2. Suradnja s drugima. Učenik ostvaruje dobru komunikaciju s drugima, uspješno surađuje u različitim situacijama i spremjan je zatražiti i ponuditi pomoć. <b>Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije</b> ikt D.5.3. Učenik samostalno ili u suradnji s kolegama predočava, stvara i dijeli nove ideje i uratke s pomoću IKT-a.

### Plan poučavanja i radni listići za učenje teme *Povijesna veza između prehrane i podneblja u kojem žive određene populacije*

<b>Tematska cjelina</b>
<b>Evolucija čovjeka</b>
<b>Nastavna tema</b>
<b>Povijesna veza između prehrane i podneblja u kojem žive određene populacije</b>

<b>Cilj nastavne teme</b>	
Učenici će objasniti utjecaj migracija i podneblja na razvoj kulture i evolucije čovjeka.	
<b>Ključni pojmovi</b>	<b>Temeljni koncepti</b>
arheologija, arheobotanika, Vučedolska kultura, arheobiologija, fosili, neolitik	B. Procesi međuovisnosti u živome svijetu B.5. Postanak i razvoj života na Zemlji B.5.1. Čimbenici evolucije B.5.2. Postanak vrsta D. Prirodoznanstveni pristup D.2. Istraživanje u biologiji D.2.1. Metodologija bioloških istraživanja D.2.3. Primjena bioloških istraživanja i otkrića

### Kontekst poučavanja koncepta

Arheološka istraživanja kao osnova za razumijevanje živog svijeta u prošlosti, arheobotanika u rekonstrukciji načina života i vegetacije određenog razdoblja u evoluciji čovjeka,

### Odgjono-obrazovni ishodi

BIO SŠ B.4.3.	Analizirati utjecaj promjenjivih životnih uvjeta na evoluciju
BIO SŠ D.4.1.	Primjenjuje osnovna načela i metodologiju znanstvenoga istraživanja kritički prosuđujući rezultate i analizira posljedice razvoja znanstvene misli tijekom povijesti.

### Ishodi razrade/aktivnosti

- BIO SŠ B.4.3.6. Opisuje evoluciju čovjeka.
- BIO SŠ B.4.3.7. Opisuje utjecaj civilizacije na životne uvjete te pojavu i širenje bolesti.
- BIO SŠ D.4.1.1. Prikuplja podatke uz donošenje zaključaka tijekom učenja i poučavanja.
- BIO SŠ D.4.1.2. Kreira nacrt istraživanja procjenjujući primjerenoš i znanstvenu korektnost predložene metodologije.
- BIO SŠ D.4.1.3. Obradjuje podatke uz odgovarajuću kvalitativnu i kvantitativnu analizu.
- BIO SŠ D.4.1.4. Raspravlja o prikazanim i oписанim rezultatima donoseći argumentirane zaključke.
- BIO SŠ D.4.1.5. Procjenjuje različite literaturne izvore, raspravlja o dobivenim rezultatima u odnosu na njih i pravilno ih navodi.
- BIO SŠ D.4.1.6. Vrednuje svoja istraživanja i istraživanja drugih učenika uz prezentaciju u usmenome i pisanome obliku.
- BIO SŠ D.4.1.7. Opisuje značajna otkrića u povijesti biologije stavljući ih u povjesno-socijalnoekonomski kontekst uz isticanje posljedica otkrića koja su promijenila paradigmu znanosti.
- BIO SŠ D.4.1.8. Raspravlja o prirodoznanstvenome pogledu koji podrazumijeva da u prirodi postoje uzročno-posljedične veze te da su prirodne pojave objašnjive i predvidljive, ali i da su znanstvena objašnjenja, teorije i modeli podložni promjenama i nadopunama.

Tijek Artikulacija (pregledni nacrt nastavnog sata)		Trajanje (u pojedinačnim PS ili blok satima BS)	BS
BR. SATA	DIO SATA	HODOGRAM AKTIVNOSTI	min
1.	POČETNI DIO	<b>I. aktivnost: Povratak u prošlost</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• podjela učenika u četiri grupe prema interesu učenika (I1 – I4)</li> <li>• učenici unutar grupe trebaju samostalno istražiti zadani temu (<a href="#">ili pogledati video materijale</a>) prema pitanjima na <b>RL 1. Povratak u prošlost</b> (sadrži četiri teme s pitanjima koja upućuju učenike na istraživanje i upoznavanje svijeta arheologa i arheologije kao temeljima ili nadogradnjom bioloških spoznaja i istraživanja)</li> <li>• odgovore na pitanja prema potrebi pripremaju uz BUBO chat koji omogućuje suradnju unutar grupe i na BUBO forum stavljuju zaključke grupnog rada.</li> </ul>	15
		<b>Analiza samostalnog istraživanja</b> – otvoriti BUBO forum u kojem su učenici postavili odgovore na pitanja; predstavnici svake grupe ukratko predstave svoju temu (do 5 minuta za svaku temu), a ostali učenici uz prezentacije procjenjuju zaključke drugih grupa na BUBO forumu	20
		<b>II. aktivnost: Arheobotanika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• učenici u parovima proučavaju zadani <a href="#">znanstveni rad</a> kojim će upoznati važnost arheobotanike u rekonstrukciji načina života, gospodarstva i vegetacije određenog razdoblja u evoluciji čovjeka</li> <li>• učenici u parovima koristeći se zadanim znanstvenim radom rješavaju zadatke na <b>RL 2. Arheobotanika</b></li> <li>• učenici u parovima izlažu svoj odgovore i zaključke te međusobno komentiraju i provjeravaju točnost odgovora i zaključke do kojih su došli u suradnji s nastavnikom</li> </ul>	10
2.	ZAVRŠNI DIO	Završna rasprava i sistematizacija uz zapisivanje najvažnijih učeničkih zaključaka obrađene teme (Arheologija i arheobotanika) na B	30
		<b>III. aktivnost: Arheobiologija</b> Učenici tjedan dana prije sata trebaju pogledati zadani film ( <a href="#">Ancient DNA and Human Evolution – Johannes Krause: Ancient European Population History</a> , od 22 min) te napisati kratki sažeteak/esej od 10 rečenica koji objašnjava sadržaj filma, prema zadanim smjernicama za pisanje eseja ( <b>RL 3. Arheobiologija</b> ) <ul style="list-style-type: none"> <li>• učenici na satu analiziraju i buduće eseje jedni drugima koristeći se rubrikom za vrednovanje koju im daje nastavnik</li> <li>• učenici zajedno s nastavnikom analiziraju i raspravljaju o bodovanim esejima</li> </ul>	20



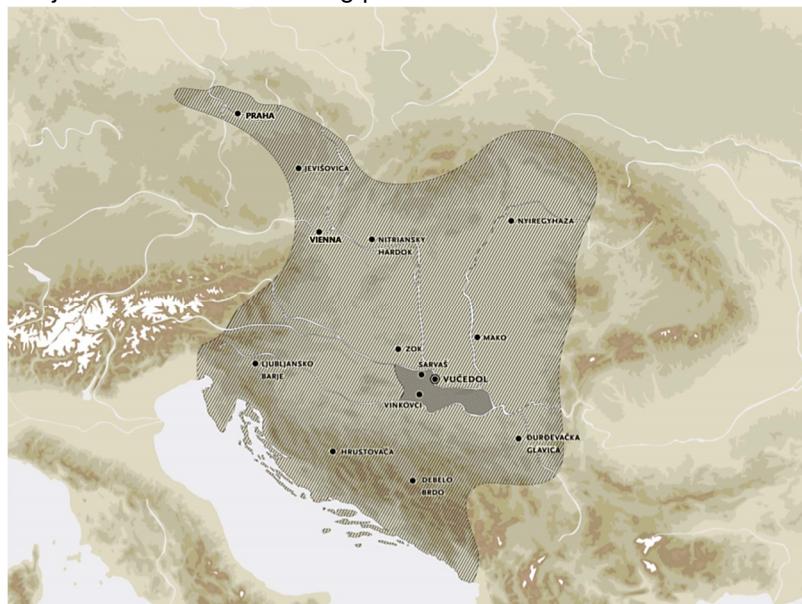
SREDIŠNJI DIO	IV. Aktivnost	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• učenici samostalno rješavaju preostale zadatke na <b>RL 3. Arheobiologija</b></li><li>• kratka rasprava o odgovorima</li></ul>	20
	<ul style="list-style-type: none"><li>• podjela učenike u četiri grupe</li><li>• učenici rade prema <b>RL 4. Migracije stanovništva</b></li><li>• kratka rasprava o odgovorima u "Bubo platformi".</li></ul>	35
ZAVRŠNI DIO	Učenici rješavaju pitanja s izlazne kartice (u prilogu), svaki učenik odgovara individualno.	5

### Izlazna karta 123

JEDAN POJAM O KOJEM BISTE HTJELI ZNATI VIŠE	DVA POJAMA KOJA STE NAUČILI	TRI POJAMA KOJA STE POTPUNO RAZUMJELI
1.	1.  2.	1.  2v.  3.

### Radni listić 1: Povratak u prošlost I1

Arheološki lokalitet Vučedol smješten je uz obalu Dunava (5 kilometara nizvodno od Vukovara) i jedan je od najznačajnijih lokaliteta eneolitika ili bakrenog doba. Zbog svog izvanrednog geostrateškog položaja Vučedol je bio mjesto stalnog naseljavanja i migracija stanovništva. U najdubljim slojevima ostali su očuvani tragovi najstarije neolitičke kulture (iz kamenog doba) nazvane Starčevačkom kulturom. Kontinuirani život na Vučedolu u međusobnom preplitanju prati se u vrijeme eneolitika, kada se u vremenskom trajanju od 700 godina ovdje izmjenjuju Badenska, Kostolačka i Vučedolska kultura. Najveći uspon Vučedol je svakako doživio u vrijeme trajanja Vučedolske kulture koja je u cijelom svom trajanju datirana u vrijeme od 3000. do 2200. g.pr.Kr.



Slika 1. Prikaz smještaja Vučedola (Izvor: <https://vucedol.hr/en/2451-2/>)

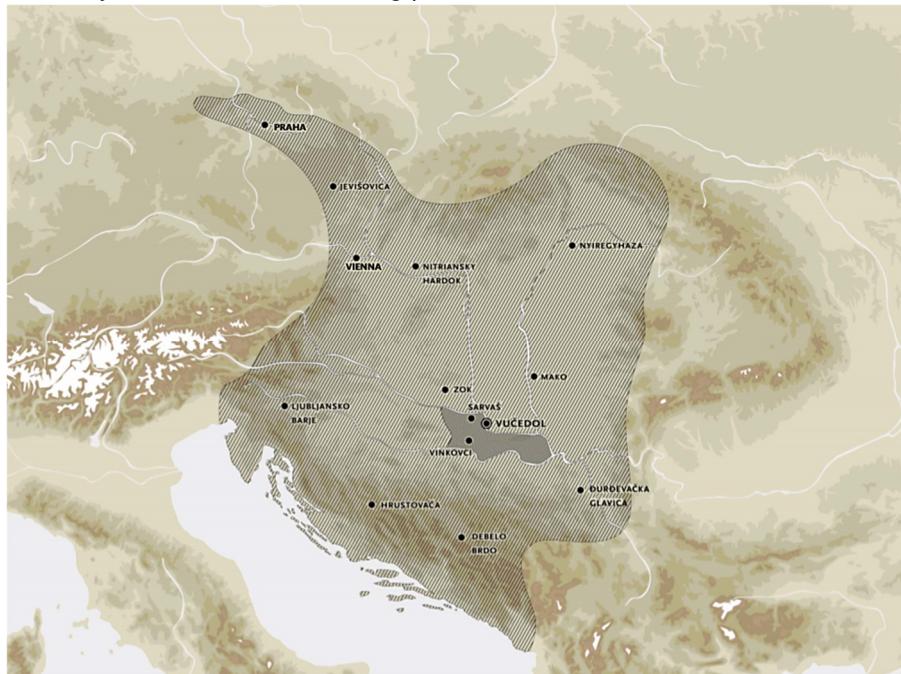
**Zadatak 1.** Nakon podjele u četiri grupe prema zadane četiri teme odgovorite na pitanja uz suradnju unutar grupe i prezentaciju grupnog rada. Uz svako pitanje su ponuđeni osnovni izvori, a broj označava preporučeni broj učenika koji se trebaju baviti tim pitanjem.

#### Istraživači

1. Kako se iskopavaju veća nalazišta poput naselja i slično? Koliko traju takva iskopavanja?  
2 <https://abcnews.go.com/International/archaeologists-start-europes-largest-dig-spanning-10000-years/story?id=58925000>  
<http://www.catalhoyuk.com/project/history#:~:text=%C3%87atalh%C3%B6y%C3%BCk%20was%20stumbled%20upon%20by,Arlette%20began%20to%20plan%20excavations>
2. Koliko su minimalno stari predmeti koje iskopavaju arheolozi? 1  
<https://www.youtube.com/watch?v=zOJICdMvWAI> od 0.45
3. Zašto su nalazi podježične kosti (lat. os hyoideum) važni za evoluciju ljudi? 1  
<https://www.youtube.com/watch?v=eCW0zyDGuXc>
4. Jesu li u Vučedolu determinirani nalazi nekih biljnih ili životinjskih vrsta? 1  
<https://amz.hr/hr/virtualni-muzej/vodici-kroz-stalni-postav/pretpovijest/bakreno-doba/vucedolska-kultura/>
5. Kako se iskopavaju osjetljivi nalazi? 3  
<https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-022-00645-1>
6. Koga treba obavijestiti ako se nađe na neki trag koji upućuje na nalaz koji bi mogao biti važan arheolozima? 2 [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/1999\\_07\\_69\\_1284.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/1999_07_69_1284.html)

**Radni listić 1: Povratak u prošlost I2**

Arheološki lokalitet Vučedol smješten je uz obalu Dunava (5 kilometara nizvodno od Vukovara) i jedan je od najznačajnijih lokaliteta eneolitika ili bakrenog doba. Zbog svog izvanrednog geostrateškog položaja Vučedol je bio mjesto stalnog naseljavanja i migracija stanovništva. U najdubljim slojevima ostali su očuvani tragovi najstarije neolitičke kulture (iz kamenog doba) nazvane Starčevačkom kulturom. Kontinuirani život na Vučedolu u međusobnom preplitanju prati se u vrijeme eneolitika, kada se u vremenskom trajanju od 700 godina ovdje izmjenjuju Badenska, Kostolačka i Vučedolska kultura. Najveći uspon Vučedol je svakako doživio u vrijeme trajanja Vučedolske kulture koja je u cijelom svom trajanju datirana u vrijeme od 3000. do 2200. g.pr.Kr.



Slika 1. Prikaz smještaja Vučedola (Izvor: <https://vucedol.hr/en/2451-2/>)

**Zadatak 1.** Nakon podjele u četiri grupe prema zadane četiri teme odgovorite na pitanja uz suradnju unutar grupe i prezentaciju grupnog rada. Uz svako pitanje su ponuđeni osnovni izvori, a broj označava preporučeni broj učenika koji se trebaju baviti tim pitanjem.

**Terenski arheolozi**

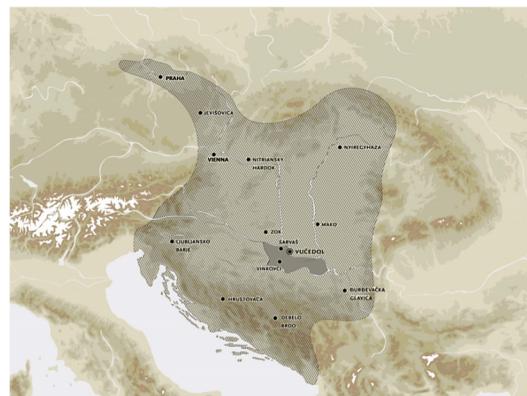
1. Tko su arheolozi i što sve iskopavaju? 1 <https://youtu.be/zOJICdMvWAI>
2. Kako se određuju arheološki lokaliteti, odnosno, kako se pronalaze? 2 <https://youtu.be/Hco0yk6ycw> <https://theconversation.com/how-do-archaeologists-know-where-to-dig-147176>
3. Kakvim se metodama iskopavaju različiti lokaliteti? 1 [https://littleflowercollege.edu.in/upload/e\\_contents/files/cc12d28af684f039914ef4629ad8bd63.pdf](https://littleflowercollege.edu.in/upload/e_contents/files/cc12d28af684f039914ef4629ad8bd63.pdf)
4. Kako se najpoznatiji nalaz vučedolske kulture može povezati s njenom glavnom gospodarskom djelatnosti i njenim nalazom na lokalitetu Vučedol? 2 <https://hrcak.srce.hr/file/268537> (od str 32 dalje)
5. Kako se opioidi mogu povezati s početkom poljoprivrede i stvaranjem većih naselja u prošlosti? 2 <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMAT.542636056785455>
6. Koliko vremenski uvjeti ovise o provedbi istraživanja? 2 <https://www.smporterauthor.co.uk/blog/british-weather-or-why-archaeologists-are-never-satisfied> <https://borneobulletin.com.bn/rain-or-shine-digging-comes-first/>

### Radni listić 1: Povratak u prošlost I3

Arheološki lokalitet Vučedol smješten je uz obalu Dunava (5 kilometara nizvodno od Vukovara) i jedan je od najznačajnijih lokaliteta eneolitika ili bakrenog doba. Zbog svog izvanrednog geostrateškog položaja Vučedol je bio mjesto stalnog naseljavanja i migracija stanovništva. U najdubljim slojevima ostali su očuvani tragovi najstarije neolitičke kulture (iz kamenog doba) nazvane Starčevačkom kulturom. Kontinuirani život na Vučedolu u međusobnom preplitanju prati se u vrijeme eneolitika, kada se u vremenskom trajanju od 700 godina ovdje izmjenjuju Badenska, Kostolačka i Vučedolska kultura.

Najveći uspon Vučedol je svakako doživio u vrijeme trajanja Vučedolske kulture koja je u cijelom svom trajanju datirana u vrijeme od 3000. do 2200. g.pr.Kr.

Slika 1. Prikaz smještaja Vučedola (Izvor: <https://vucedol.hr/en/2451-2/>)



**Zadatak 1.** Nakon podjele u četiri grupe prema zadane četiri teme odgovorite na pitanja uz suradnju unutar grupe i prezentaciju grupnog rada. Uz svako pitanje su ponuđeni osnovni izvori, a broj označava preporučeni broj učenika koji se trebaju baviti tim pitanjem.

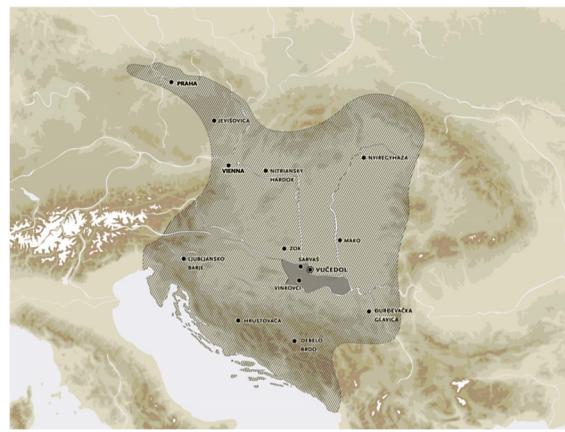
#### Voditelji istraživanja

1. Koja su neka od najvažnijih arheoloških otkrića u svijetu? 1  
<https://www.thecompleteuniversityguide.co.uk/student-advice/what-to-study/top-ten-archaeological-discoveries> <https://www.world-archaeology.com/great-discoveries/7-discoveries-that-changed-the-archaeological-world/>
2. S kojim današnjim zemljama se vučedolska kultura može prostorno povezati? 1 <http://ilok-vukovar-vucedol.min-kulture.hr/O%20projektu/3>
3. Izračunajte koliko bi koštalo malo istraživanje. Izaberite prostor gdje se istraživanje odvija (ne mora biti postojeći lokalitet) i koliko ljudi na njemu sudjeluje. Odredite od kuda arheolozi koji istražuju lokalitet dolaze. Pronađite koliko bi koštalo smještaj, hrana i prijevoz za te ljude tijekom dva tjedna istraživanja. Uz to pronađite koliko koštaju tačke, kante, lopate, špahtle i ostali alat koji možete zamisliti da je potreban na arheološkom istraživanju. Saznajte koliko bi koštalo pozvati geodete da postave točke za totalnu stanicu. 4
4. Zašto je sezonska promjena boje krvna kod nekih životinja ljudima u prošlosti bila važna? 1  
[https://www.academia.edu/22328674/Praileaitz\\_I\\_A\\_Magdalenian\\_lunar\\_solar\\_cave\\_at\\_15\\_500\\_BP\\_in\\_the\\_Basque\\_country](https://www.academia.edu/22328674/Praileaitz_I_A_Magdalenian_lunar_solar_cave_at_15_500_BP_in_the_Basque_country)
5. Kolika je važnost arheoloških nalaza za današnjicu i budućnost? 1  
<http://www.phmc.state.pa.us/portal/communities/archaeology/resources/value-archaeology.html#:~:text=Our%20past%20is%20our%20cultural,but%20for%20generations%20to%20come>
6. Koliko je važno držati u tajnosti neka nalazišta i koliko su uopće podložna devastaciji (slučajnoj i namjernoj) / krađama? 2 <https://www.vecernji.hr/vijesti/pljacka-grobnice-dovela-do-spektakularnih-nalaza-u-jalzabetu-1368043>  
<https://www.historycolorado.org/sites/default/files/media/documents/2019/1617.pdf> (str 11 na dalje)
7. Može li se danas živjeti kao arheolog? Gdje uglavnom rade u RH i u svijetu? 1  
<https://www.prospects.ac.uk/careers-advice/what-can-i-do-with-my-degree/archaeology>

### Radni listić 1: Povratak u prošlost I4

Arheološki lokalitet Vučedol smješten je uz obalu Dunava (5 kilometara nizvodno od Vukovara) i jedan je od najznačajnijih lokaliteta eneolitika ili bakrenog doba. Zbog svog izvanrednog gestrateškog položaja Vučedol je bio mjesto stalnog naseljavanja i migracija stanovništva. U najdubljim slojevima ostali su očuvani tragovi najstarije neolitičke kulture (iz kamenog doba) nazvane Starčevačkom kulturom. Kontinuirani život na Vučedolu u međusobnom preplitanju prati se u vrijeme eneolitika, kada se u vremenskom trajanju od 700 godina ovdje izmjenjuju Badenska, Kostolačka i Vučedolska kultura.

Najveći uspon Vučedol je svakako doživio u vrijeme trajanja Vučedolske kulture koja je u cijelom svom trajanju datirana u vrijeme od 3000. do 2200. g.pr.Kr.



Slika 1. Prikaz smještaja Vučedola (Izvor: <https://vucedol.hr/en/2451-2/>)

**Zadatak 1.** Nakon podjele u četiri grupe prema zadane četiri teme odgovorite na pitanja uz suradnju unutar grupe i prezentaciju grupnog rada. Uz svako pitanje su ponuđeni osnovni izvori, a broj označava preporučeni broj učenika koji se trebaju baviti tim pitanjem.

#### **Teoretičari**

1. Procjeni koliko traje priprema istraživanja? 1 <https://youtu.be/uHtVoPyGb8> (do 1.01)
2. Kako se određuje starost pronađenih predmeta? 2 [3 4 Ways to Date an Archaeological Site - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=3_4_Ways_to_Date_an_Archaeological_Site_-_YouTube)
3. Može li se rekonstruirati koja je fauna bila dominantna na Vučedolu osnovu ostataka kostiju životinja koje su služile u prehrani ljudi? 1 <https://hrcak.srce.hr/file/8450>
4. Koja sve područja postoje u arheologiji? 1 <https://youtu.be/bxG-xdfJkyg>
5. Zašto su nalazi ribljih kosti na mezolitičkim nalazištima stvorile nedoumice oko tehnologije ribarenja? 2 [https://www.researchgate.net/publication/249748291 Deep-Sea Fishing in the European Mesolithic Fact or Fantasy](https://www.researchgate.net/publication/249748291_Deep-Sea_Fishing_in_the_European_Mesolithic_Fact_or_Fantasy)
6. Što ako se prilikom iskopavanja jedne stvari pronađe nešto neočekivano? 1 <https://www.tportal.hr/kultura/clanak/ne-istoku-hrvatske-iskopan-avarски-konjanik-iz-8-stoljeća-20150814>  
[https://www.youtube.com/watch?v=O5\\_E6DBGDUQ](https://www.youtube.com/watch?v=O5_E6DBGDUQ)
7. Što ako je arheološki lokalitet na zaštićenom ili nedostupnom ili nesigurnom području (npr. nacionalni park, ratna zona, minirano područje, pod morem i sl.)? 3 <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-20853440> <https://www.dw.com/en/the-dangerous-work-of-archaeologists-in-conflict-zones/a-56531328>  
<https://www.smithsonianmag.com/history/lost-history-yellowstone-180976518/>  
<https://www.nationalgeographic.com/culture/article/underwater-archaeology>  
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=65566>

**Radni listić 2: Arheobotanika**

- 1. Istražite čime se bavi arheobotanika na način da u tražilicu umetnete navedeni link (<https://bit.ly/3foRR5y>), pročitajte tekst znanstvenog rada i pronađite odgovore na postavljena pitanja.**

Kako rezultati istraživanja iz područja arheobotanike pomažu u rekonstrukciji načina života, gospodarstva i vegetacije određenog razdoblja u evoluciji čovjeka?

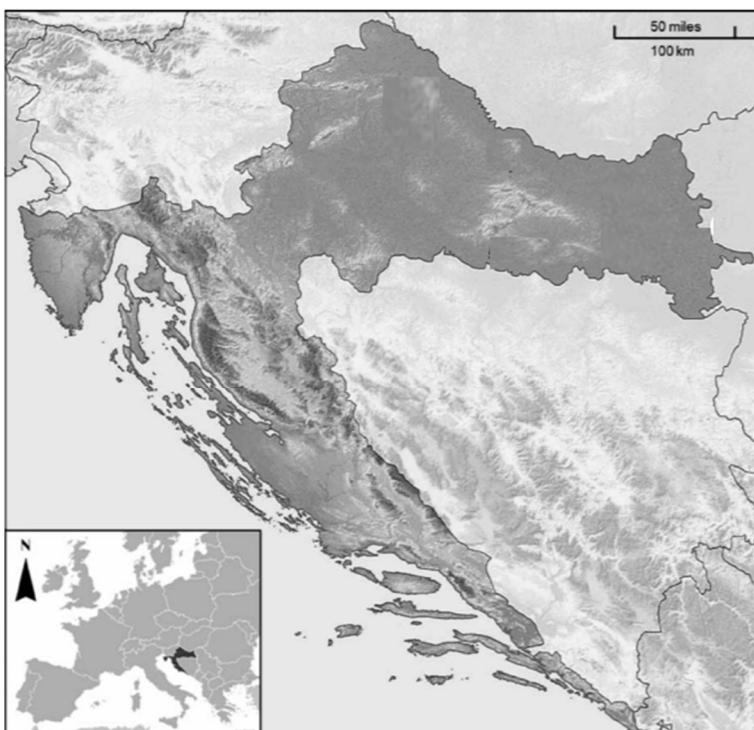
---

---

---

---

- 2. U znanstvenom radu pronađite naselja u blizini Vučedola gdje su pronađeni najveći nalazi biljnog materijala koji je obrađen u arheološkim istraživanjima te ih ucrtajte u kartu. Također, u kartu ucrtajte tok rijeke Save, Bosuta, Drave i Dunava.**



Slika / Figure 1. Položaj lokaliteta s kojih potječu arheobotanički ostaci obrađeni u tekstu / Location of the sites with archaeobotanical remains

**Slika 1. Karta Hrvatske**

- a) Koristeći priloženu kartu objasnite u kojim se područjima naseljavaju Vučedolci i zašto odabiru baš ta područja?**

---

---

---

b) Na koji način je geografski položaj utjecao na razvoj Vučedolske kulture?

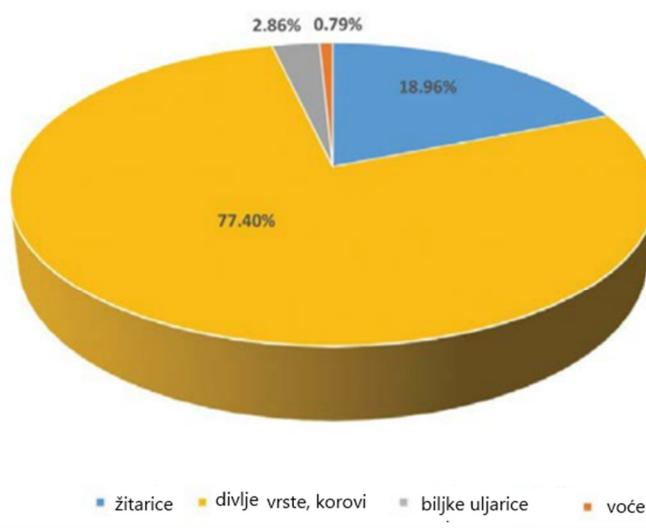
---

---

---

---

3. Detaljna arheobotanička analiza rađena je na četiri uzorka s lokaliteta Ervenica (blizina Vinkovaca). Rezultati analize prikazani su na kružnom grafičkom prikazu.



Frekvencija različitih biljaka u biljnim ostacima

Na osnovu grafa objasnite na čemu se temeljila prehrana stanovnika Vučedola u ranom eneolitiku. Istražite u radu koje su divlje vrste najčešće korištene u prehrani.

---

---

---

---

4. Žitarice pronađene na lokalitetu Ervenica daju sliku ratarskog gospodarstva razdoblja eneolitika u srednjoj i jugoistočnoj Europi, o čemu svjedoče rezultati arheobotaničke analize rađene na različitim nalazištima u regiji.

a) Proučite tablicu i ispišite biljne kulture koje su tada prevladavale na području današnje Slavonije.

ŽITARICE	broj fosilnih nalaza	%
<i>Cerealia</i> indet.	16	5,13
<i>Triticum</i> spp.	51	16,35
<i>Triticum dicoccum</i> L.	125	40,06
<i>Triticum monococcum</i> L.	53	16,99
<i>Triticum mono/dicoc</i>	32	10,26
<i>Triticum aestivum/durum</i> L.	16	5,13
<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> L.	9	2,88
<i>Hordeum vulgare</i> hulled L.	7	2,24
<i>Secale cereale</i> L.	1	0,32
<i>Hordeum vulgare</i> L.	2	0,64
UKUPNO	312	100

---

---

---

b) Usporedite sa žitaricama koje se danas uzgajaju na istom području i objasnите razliku.

---

---

---

c) Istražite u kojem se klimatskom i geografskom području i danas uzgajaju vrste žitarice pronađene u Ervenici.

---

---

---



**Radni listić 3: Arheobiologija**

1. Pogledajte prije sata video na poveznici ([https://www.youtube.com/watch?v=JTY9K1Q\\_Sbg](https://www.youtube.com/watch?v=JTY9K1Q_Sbg)) o Ancient DNA and Human Evolution – Johannes Krause: Ancient European Population History . Napišite kratki sažetak/esej od 10 rečenica koji objašnjava sadržaj filma.

**Smjernice za pisanje eseja:**

1. Objasnite razliku između mezolitskog lovca i neolitskog farmera.
2. Koji dijelovi Europe su osnova migracije farmera i naseljavanja područja istočne Slavonije?
3. Koji je sastav genoma danas živućih Hrvata? Koje komponente DNA naših predaka sadrži?
4. Koja je razlika u genomu Europljana na sjeveru i jugu Europe?
5. Kako je epidemija kuge utjecala na migracije stanovništva u Europi?
6. Objasnite koje su promjene u fenotipu Europljana od 8.000 god. p. Kr. do danas.
7. Zašto ljudi mezolitika nisu bili tolerantni na laktozu i mlijeko kao neolitski farmeri?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Rubrika za vrednovanje zadatka esejskog tipa	BODOVI		
Pokazatelji za vrednovanje	1	3	5
1. Uvod - ideja je jasno prikazana i argumentirana			
2. Razrada je smislena i razvija osnovnu ideju rada, kroz dijelove potkrepljene činjenicama, zanimljivostima i primjerima (zadanim pojmovima ,zanimljivosti iz filma, citati ili definicijama važnih pojmljivosti koji se kasnije koriste u filmu/eseju)			
3. Zaključak sažima glavnu ideju, zaokružuje cjelinu te ističe najbitnije dijelove koji podupiru osnovnu ideju rada			
Bodovi : odličan= 13-14-15 bodova, vrlo dobar= 12-11, dobar =10- 9-8; dovoljan= 7-6 Broj bodova vezan je uz točnost u pisanju i čitkost rukopisa/moguće korekcije	UKUPNO		

**Na satu u paru zamijenite eseje te ih bodujte prema rubrikama za bodovanje.**

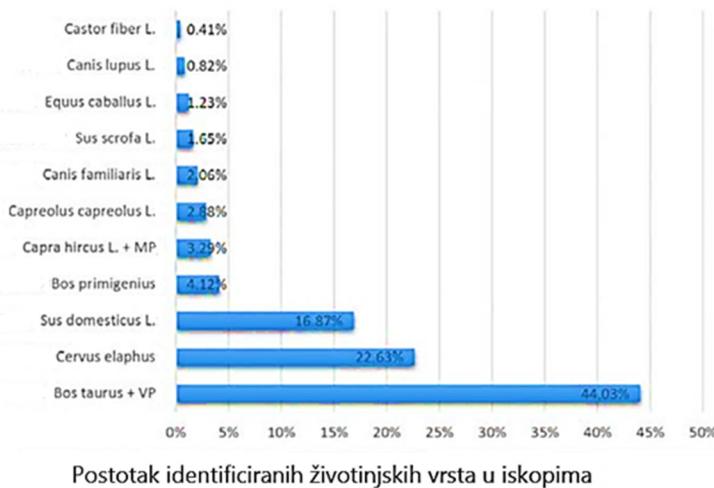
**2.** Istražite značenje pojma arheozoologija i njenu važnost u proučavanju evolucije čovjeka.

---

---

---

**3.** U iskopima Vučedolske kulture eneolitika osim ljudskih kostura pronađeni su i mnogobrojni uzorci životinjskih kostiju. Napravljena je osteometrijska analize dugih kostiju pronađenih životinja (humerusa, femura i metapodijalne kosti). Slika prikazuje zastupljenost kostiju različitih vrsta životinja. Radi lakšeg odgovaranja na pitanja nazive životinja koji su na latinskom jeziku prevedite na hrvatski jezik.



Proučite graf i objasnite koje su životinje uzgajali, a koje divlje životinje su živjele u njihovom okruženju? Prema vrstama životinja objasnite koji oblik gospodarstva ili djelatnosti je bio najzastupljeniji?

---

---

---

**4.** Pogledajte kratki video (<https://bit.ly/3GoCBkR>) o prehrani Vučedolaca (Muzej Vučedolske kulture). Objasnite po čemu se razlikuje prehrana Vučedolaca koji su živjeli u blizini današnjih Vinkovaca od prehrane Vučedolaca u blizini Vukovara.

---

---

---

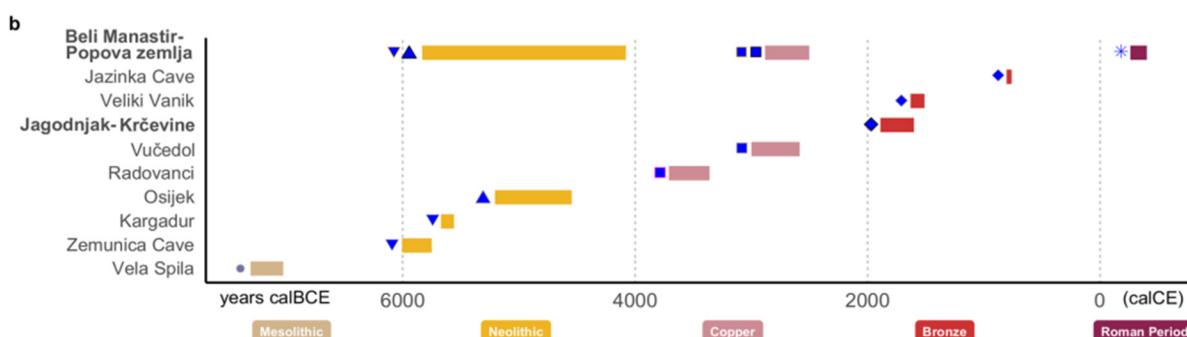
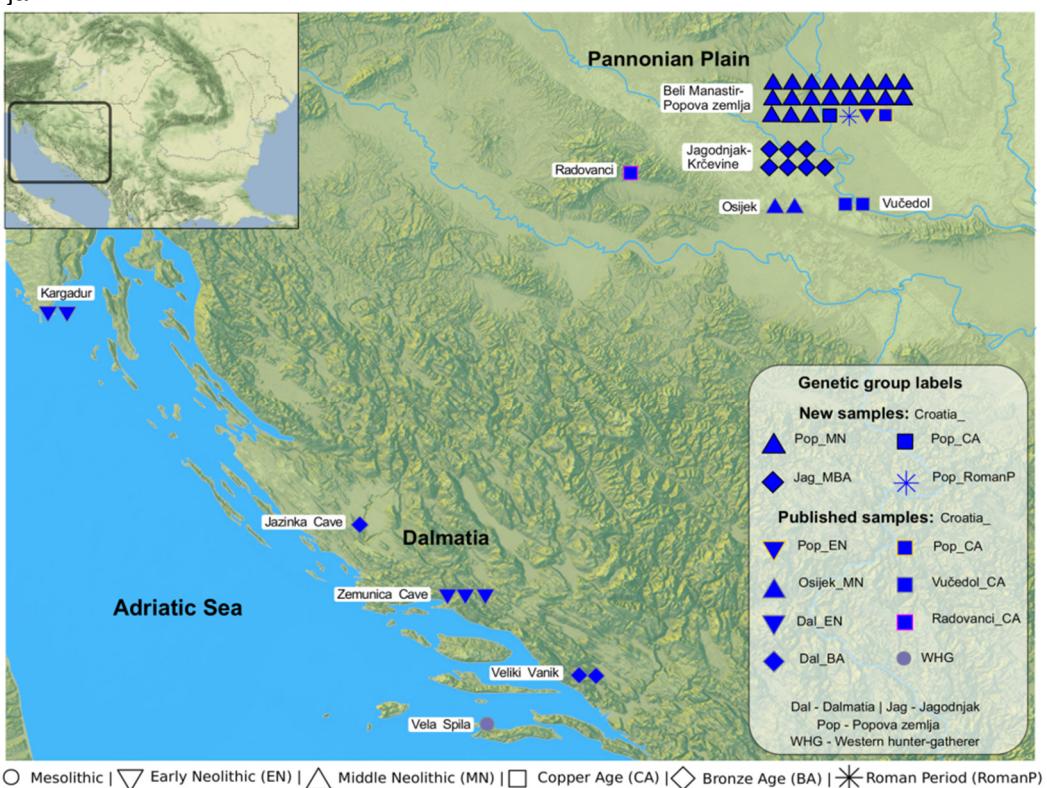


Biologija uz BUBO u 4. razredu srednje škole  
Priručnik za poučavanje i učenje

#### Radni listić 4: Migracije stanovnika

**1. Analize** DNA otkrile su kako su ljudske migracije iz neolitika u brončano doba transformirale društvenu i genetsku strukturu evropskih društava. Današnja Hrvatska leži na području drevnih migracijskih putova kroz Europu. Metodom radioaktivnog ugljika temporalne kosti određena je starost pronađenih kostura na različitim lokacijama u RH, a analiza genoma pokazala je zajedničke osobine i migracije tijekom prošlih tisućljeća.

Na karti RH prikazane su lokacije na kojima su pronađeni ljudski ostaci od mezolitika do rimskog razdoblja.



**Figure 1.** Location and dates of archaeological sites in Croatia. (a) Map showing location of archaeological sites for published and newly-reported samples (Table 1, Supplementary Tables S1 and S2). Each point represents a sample, with newly-reported samples outlined in black. Previously-published samples from Popova zemlja are outlined in orange. Genetic group labels include a shortened form of site or region: Pop Popova zemlja, Dal Dalmatia, Jag Jagodnjak. WHG indicates the group label Western Hunter-Gatherer. Shapes correspond to samples of different time periods: EN Early Neolithic, MN Middle Neolithic, BA Bronze Age, CA Copper Age, MBA Middle Bronze Age, RomanP Roman Period. See Methods for further time period labels used for other reference populations. Map made with Mapzen terrain tiles obtained from AWS Public Dataset (<https://registry.opendata.aws/terrain-tiles/>). European terrain data produced using Copernicus data and information funded by the European Union - EU-DEM layers. Ocean, river and lake data from Natural Earth. Free vector and raster map data @ [naturalearthdata.com](http://naturalearthdata.com). Top left inset map of the region, made with map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL. (b) Combined radiocarbon and contextual date ranges for samples from present-day Croatia (Table 1, Supplementary Tables S1 and S2, Methods). Site names for newly-reported samples are highlighted in bold. All plots were produced using R 3.5.2<sup>102</sup>.



a) Gdje se nalaze najstariji tragovi ljudske aktivnosti u RH?

b) Kojem razdoblju pripadaju fosilni ostaci pronađeni na Korčuli, a kojoj nalazi na Vučedolu.

c) S obzirom na stanište, klimatske uvjete i gospodarsku djelatnost usporedi način života stanovnika Vučedola s jedne strane i stanovnika Kargadura ili Zemunica s druge strane.

d) Objasnite u kojem dijelu RH ima najviše nalazišta iz razdoblja neolitika.

2. Posebno naseljeno mjesto još u mezolitiku je Vela Špilja na Korčuli.

Istražite važnost i specifičnosti Vele Špilje i odgovori na pitanja koristeći se ponuđenim mrežnim stranicama (<https://hrcak.srce.hr/file/364304> , <https://www.youtube.com/watch?v=wi4chAUZgpg&t=59s>)

a) Istražite starost te spilje i prisutnost *Homo sapiens*?

b) Objasnite kako je geografska izolacija utjecala na opstanak te skupine?

c) Koje su geomorfološke i klimatske promjene zabilježene u spilji kroz tisuće godina?

### Radni listić 1-d. Pripitomljavanje životinja

Na trećem radnom listiću istraživali ste vrste životinja koje su ljudi Vučedolske kulture uzbajali i divlje životinje koje su živjele u njihovom okruženju. U nastavku analizirajte primjere udomaćenih vrsta životinja.

**Zadatak 1.** Na poveznici u nastavku pogledajte film o pripitomljavanju srebrnih lisica u Sibiru - <https://www.youtube.com/watch?v=HslibD-TLcM>

Objasnite metodu kojom je Belyaev odabirao lisice za daljnja križanja.

---

---

Koje su bile posljedice kontroliranih križanja lisica?

---

---

Usporedite proces udomaćivanja srebrnih lisica i pasa. Obratite pozornost na način odabiranja željenih obilježja i vrijeme potrebno da bi se obilježja dobila.

---

---

**Zadatak 2.** Među vrstama životinja koje je udomaćio čovjek posebno se ističe pas. Istražite samostalno na internetu proces udomaćivanja psa i riješite zadatke u nastavku:

Koja vrsta životinje je bila ishodište za razvoj psa?

Usporedite anatomiju divlje ishodišne vrste i psa labradora.



Zaključite koje su prednosti i nedostaci udomaćivanja psa i za čovjeka i za psa. Odgovor prikažite u obliku tablice.

Predvidite što bi se s udomaćenim psima dogodilo da na Zemlji odjednom nestane ljudi.

Zaključite koje su prednosti i nedostaci udomaćivanja psa i za čovjeka i za psa. Odgovor prikažite u obliku tablice.	Predvidite što bi se s udomaćenim psima dogodilo da na Zemlji odjednom nestane ljudi.
--	---

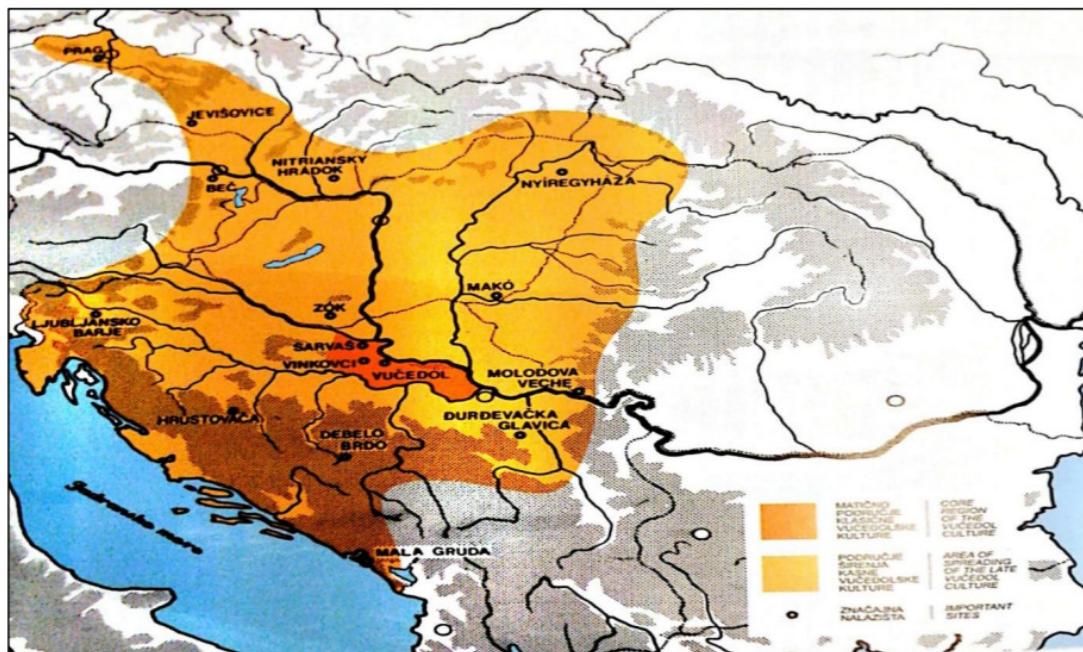
## Vučedolska kultura

Tekst preuzet iz rada

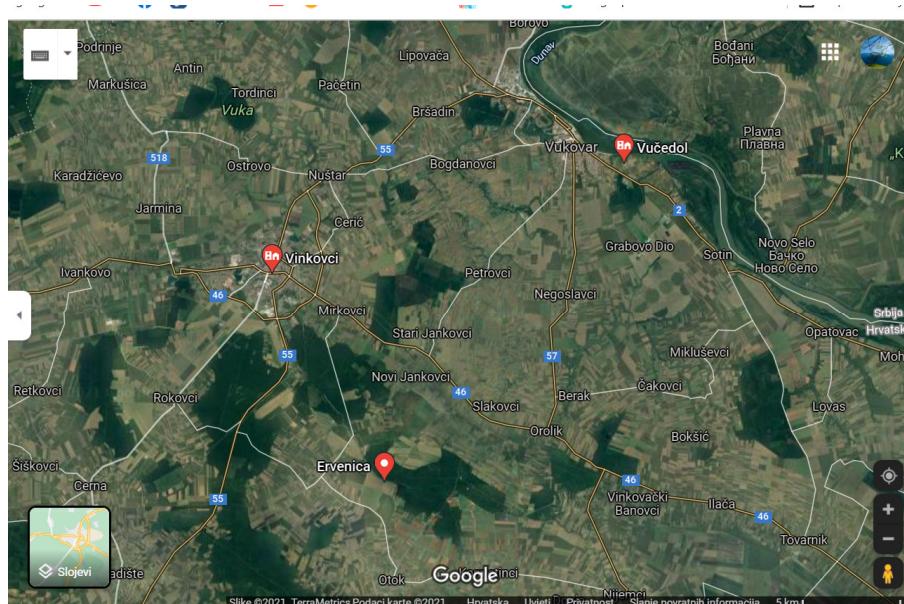
Ina Miloglav Vučedolska kultura. The Vučedol culture. Odsjek za arheologiju Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Department of Archaeology, Faculty of Humanities and Social Sciences of the University of Zagreb DOI: 10.17234/9789531758185-07

<https://openbooks.ffzg.unizg.hr/index.php/FFpress/catalog/download/37/48/1886?inline=1>

### Zemljovid 1. Geografska rasprostranjenost vučedolske kulture



Izvor: A. Durman, 2006., 48.



Stupanj kultiviranosti zemljišta za sada je moguće, barem dijelom, rekonstruirati na osnovi podataka dobivenih arheobotaničkom analizom s dva lokaliteta: Vučedola i Ervenice u Vinkovcima (položaj M. Gupca 14). Rezultati provedene analize s lokaliteta na Ervenici pokazali su veću zastupljenost samoniklih biljnih vrsta (77,40%) u odnosu na kultivirane biljke, posebno žitarice (18,98%). Od žitarica najzastupljenija je pšenica i to dvozrna pšenica (*Triticum dicoccum*), potom jednozrna pšenica (*Triticum monococcum*), prava pšenica (*Triticum spelta*) i meka/tvrda pšenica (*Triticum aestivum/durum*). Nakon pšenice najzastupljeniji je šestoredni ječam (*Hordeum vulgare*) i ječam s golum zrnom (*Hordeum vulgare var. nudum*). Raž (*Secale cereale*), je zabilježena samo s jednim, a obično proso (*Panicum miliaceum*) s dva primjerka. Pšenična pljeva je rijetka, a sjemenke lana (*Linum usitatissimum*) zastupljene su u većem broju nego na ostalim nalazištima istoga razdoblja (Miloglav 2016; Reed 2016). Žitarice pronađene na Ervenici i Vučedolu uobičajena su slika zemljoradničke privrede bakrenoga doba srednje i jugoistočne Europe, što pokazuju i rezultati arheobotaničke analize na lokalitetima s tog područja (van Zeist 1974.-78; Bankoff & Winter 1990; Jovanović 2004; Gyulai 2010). Prehrana na bazi žitarica uvela je velike promjene u svakodnevnoj ishrani, s obzirom na njihovu kalorijsku vrijednost. Žitarice općenito imaju veliku nutritivnu vrijednost, bogate su ugljikohidratima, a pšenica u svom sastavu ima još proteina i glutena. Jednozrna i dvozrna pšenica, zajedno s ječmom činile su glavnu osnovu poljoprivrednih kultura koje su se uzgajale u pretpovijesno vrijeme. Usjev jednozrne pšenice bio je slabiji, ali se uspio održati i proširiti jer podnosi siromašno tlo. Dvozrna pšenica davala je bolji usjev i kvalitetniji kruh. Ječam je žitarica koja dobro uspijeva i na siromašnijoj zemlji. Osim za kruh i kaše, ječam se još od neolitika koristio i za proizvodnju piva te kao hrana za domaće životinje. Ova je žitarica vrlo zahvalna zbog svoje otpornosti na različite temperature, kratku sezonu rasta i veliku mogućnost prilagodbe (Gyulai 2010: 42).

Od divljih voćaka, čiji su se ukusni i vitaminima bogati plodovi sakupljali u obližnjim šumama, prisutan je drijenak (*Cornus mas*), bazga (*Sambucus sp.*) i zimska trešnja (*Physalis alkekengi*). Neki od divljih plodova mogli su se koristiti i u ljekovite svhe. U uzorcima je prisutan i dosta velik broj samoniklog bilja i korova, uključujući veliku koncentraciju korova ovsika (*Bromus sp.*), bijele lobode (*Chenopodium album*), trave (*Gramineae*), žitnog korova/kukolja (*Agrostemma githago*) te jedan uzorak cvijeta ljubice (*Viola sp.*) (Miloglav 2016: 126, tablica 23). Dominacija korova/divljih vrsta mogla bi sugerirati da su tadašnji stanovnici u većoj mjeri bili orientirani na stočarstvo, odnosno da su više zemlje ostavljali slobodnom za ispašu. Velika količina samoniklog bilja i korova mogla bi ukazivati i na mogućnost da žitarice nisu bile očišćene, a te bi vrste ujedno bile i pokazatelj biljne vegetacije koja raste na obližnjim livadama, vrtovima i u okolini samog naselja. Ovaj podatak svakako je vrlo vrijedna informacija o pretpovijesnom okolišu, odnosno vegetaciji i iskoristivosti obližnjih livada i pašnjaka. Arheobotanička analiza s lokaliteta Vučedol pak pokazuje dominaciju jednozrne pšenice, ječma pa tek onda dvozrne pšenice. Isto tako pokazuje veći udio žitarica (91%) nad samoniklim biljkama i korovima (7%) (Reed 2012). Ista je situacija zabilježena i na ostalim naseljima iz srednjega/kasnoga bakrenog doba (Đakovo-Franjevac, Tomašanci-Palača, Slavča, Čepinski Martinci-Dubrava) (Reed 2016). Na Ervenici imamo posve drukčiju sliku, odnosno dominaciju divljih trava/korova u odnosu na žitarice. Razlog tomu može biti u drukčijim ekonomskim prioritetima ili predispozicijama i iskoristivosti krajolika. To bi moglo sugerirati da su se stanovnici Ervenice u manjoj mjeri bavili poljodjelstvom te da su više bili orijentirani na stočarstvo, odnosno da su više zemlje ostavljali slobodnom za ispašu. Međutim, treba naglasiti da ovakav omjer žitarica i korova na Ervenici ne mora nužno pružati konkretne zaključke o njihovoj ekonomiji. Naime, arheobotanički uzorak trebao bi biti veći, prikupljen s više vučedolskih položaja na Ervenici i iz različitih vrsta odlagališta (iz jama, kuća, okolice kuća) (Miloglav 2016: 128-129).

Konzumacije hrane te njihovo odbacivanje u jame u naselju (Hutinec 2012) ili na posebna odlagališta na rubu naselja (Balen 2009) posebno su vidljivi na samom lokalitetu Vučedol. Analiza životinjskih kostiju s Vučedola i Ervenice u Vinkovcima pokazala je veću zastupljenost domaćih nad divljim životnjama, što odgovara gospodarstvu bakrenoga doba, odnosno dominaciji stočarstva nad lovom. Rezultati osteološke analize s lokaliteta na Ervenici (položaj M. Gupca 14) pokazali su veću zastupljenost domaćih (67,49%) nad divljim životnjama (32,51%) (Miloglav 2012; 2012a; 2016), baš kao i na lokalitetu Vučedol gdje je zastupljenost domaćih životinja (78,20%) daleko veća od divljih

(21,80%) (Jurišić 1988). Od domaćih životinja na Ervenici najviše se uzgajalo domaće govedo (*Bos taurus L.*) (6524%), koje tijekom bakrenoga doba postaje osnova stočarstva. Uz domaće, prisutno je i divlje govedo (*Bos primigenius L.*) (12,66%) čija je zastupljenost krajem bakrenoga doba polako u opadanju. Druga važna domaća životinja je svinja (*Sus domesticus L.*) (25%), dok je koza, odnosno ovca na zadnjem mjestu (4,88%). Od divljih životinja najviše se lovio jelen (*Cervus elaphus L.*) (69,62%), potom divlje govedo i srna (*Capreolus capreolus L.*) (8,86%) (Miloglav (2016: 131-132). Iako je u svim razdobljima jelen lovljen u prvome redu radi mesa, poznato je da je njegova koža najvjerojatnije korištena za izradu odjeće, crijeva za šivanje, a kosti i rogovi za izradu ratarskih i kućanskih alata (Trbojević Vukičević et al. 2006). Nalazi keramičkih utega za vertikalne tkalačke stanove, pršljenaka za vretena te kalemovi svjedoče o intenzivnoj tkalačkoj djelatnosti, a njihovi ostaci vrlo često se nalaze in situ na podovima kuća na lokalitetu Vučedol (Hutinec 2011; Durman et al. 2014). Odjeća se osim od vune izrađivala i od materijala biljnog porijekla, poput lana i konoplje, te kože, posebno jelenske jer je ona mekana i pogodna za krojenje i šivanje. Obuća se mogla raditi od tvrde kože, poput one goveđe ili svinjske. Tekstil je vjerojatno bio i obojen živim bojama koje su se dobivale od raznih biljaka (Miličević 1984: 15). Konačne izrađevine ne nalazimo u arheološkom kontekstu jer propadaju u zemlji zbog njihova organskog porijekla, međutim prikazi odjeće na keramičkim figuricama te modeli keramičkih cipela mogu nam posvjedočiti o njihovu izgledu. Možda najljepši primjer predstavlja keramička figura iz Vinkovaca koja prikazuje odjeću koja se sastoji od Nalazi životinjskih kostiju u sklopu naselja predstavljaju interakciju čovjeka i životinje, uglavnom su produkt konzumacije hrane, ali isto tako mogu biti i dio ritualnih radnji, dok njihovi ostaci mogu biti sekundarno iskorišteni za izradu oruđa, oružja ili ukrasnih i svakodnevnih predmeta. Dokazi konzumacije hrane te njihovo odbacivanje u jame u naselju (Hutinec 2012) ili na posebna odlagališta na rubu naselja (Balen 2009) posebno su vidljivi na samom lokalitetu Vučedol. Analiza životinjskih kostiju s Vučedola i Ervenice u Vinkovcima pokazala je veću zastupljenost domaćih nad divljim životinjama, što odgovara gospodarstvu bakrenoga doba, odnosno dominaciji stočarstva nad lovom. Rezultati osteološke analize s lokaliteta na Ervenici (položaj M. Gupca 14) pokazali su veću zastupljenost domaćih (67,49%) nad divljim životinjama (32,51%) (Miloglav 2012; 2012a; 2016), baš kao i na lokalitetu Vučedol gdje je zastupljenost domaćih životinja (78,20%) daleko veća od divljih (21,80%) (Jurišić 1988). Od domaćih životinja na Ervenici najviše se uzgajalo domaće govedo (*Bos taurus L.*) (6524%), koje tijekom bakrenoga doba postaje osnova stočarstva. Uz domaće, prisutno je i divlje govedo (*Bos primigenius L.*) (12,66%) čija je zastupljenost krajem bakrenoga doba polako u opadanju. Druga važna domaća životinja je svinja (*Sus domesticus L.*) (25%), dok je koza, odnosno ovca na zadnjem mjestu (4,88%). Od divljih životinja najviše se lovio jelen (*Cervus elaphus L.*) (69,62%), potom divlje govedo i srna (*Capreolus capreolus L.*) (8,86%) (Miloglav (2016: 131-132). Iako je u svim razdobljima jelen lovljen u prvome redu radi mesa, poznato je da je njegova koža najvjerojatnije korištena za izradu odjeće, crijeva za šivanje, a kosti i rogovi za izradu ratarskih i kućanskih alata (Trbojević Vukičević et al. 2006). Nalazi keramičkih utega za vertikalne tkalačke stanove, pršljenaka za vretena te kalemovi svjedoče o intenzivnoj tkalačkoj djelatnosti, a njihovi ostaci vrlo često se nalaze in situ na podovima kuća na lokalitetu Vučedol (Hutinec 2011; Durman et al. 2014). Odjeća se osim od vune izrađivala i od materijala biljnog porijekla, poput lana i konoplje, te kože, posebno jelenske jer je ona mekana i pogodna za krojenje i šivanje. Obuća se mogla raditi od tvrde kože, poput one goveđe ili svinjske. Tekstil je vjerojatno bio i obojen živim bojama koje su se dobivale od raznih biljaka (Miličević 1984: 15)

Konačne izrađevine ne nalazimo u arheološkom kontekstu jer propadaju u zemlji zbog njihova organskog porijekla, međutim prikazi odjeće na keramičkim figuricama te modeli keramičkih cipela mogu nam posvjedočiti o njihovu izgledu. Možda najljepši primjer predstavlja keramička figura iz Vinkovaca koja prikazuje odjeću koja se sastoji od nabrane sukne i prekriženih naramenica koje nepokrivaju grudi, te možda predstavlja lik ženskog božanstva ili svećenice u odjeći za obred. Ono što figuricu čini dodatno zanimljivom su motivi križa na rukama koji možda predstavljaju običaj tetoviranja ili skarificiranja (pravljenjem ožiljaka na tijelu), a značili bi pripadnost plemenu ili društvenom sloju. Isti motiv prisutan je na bedrima još jedne figure iz Vinkovaca. Motiv križa, koji je vrlo čest u vučedolskoj kulturi, predstavlja bi želju za sretnim životom i zdravlјem pojedinca (Miličević 1984).

Pokrivaju grudi, te možda predstavlja lik ženskog božanstva ili svećenice u odjeći za obred. Ono što figuricu čini dodatno zanimljivom su motivi križa na rukama koji možda predstavljaju običaj tetoviranja ili skarificiranja (pravljenjem ožiljaka na tijelu), a značili bi pripadnost plemenu ili društvenom sloju. Isti motiv prisutan je na bedrima još jedne figure iz Vinkovaca. Motiv križa, koji je vrlo čest u vučedolskoj kulturi, predstavljao bi želju za sretnim životom i zdravljem pojedinca (Milićević 1984). Veća količina motika od jelenjih parožaka s rupom za nasad drška, koje su se koristile za obradu zemlje mogu se naći na svakom vučedolskom lokalitetu. Osim za hranu govedo se koristilo i za obradu zemlje. Iskorištavanje životinja pri obradi zemlje i upotreba kola za vuču donijeli su mnoge promjene u organizaciji rada. Povećala se produktivnost i ekonomičnost u obradi zemlje, što je značilo obradu i iskorištavanje većih obradivih površina te one zemlje koja je do tada bila teško obradiva. Upotreba kola za vuču u svakodnevnom životu poslužila je za obradu zemlje i transportiranje uroda, a isto tako intenzivirala razmjenu dobara i omogućila veću mobilnost. Promjene koje je donijela ovakva ekonomska transformacija odrazile su se i na naseobinske karakteristike, koje će postati prepoznatljive kroz cijelo 4. i 3. tisućljeće. Tragove na kostima goveda koji bi mogli sugerirati da su se koristila za vuču nalazimo na analiziranim osteološkim ostacima badenskog sloja na Vučedolu (Trbojević Vukičević 2006). Utezi u obliku kotača vrlo čest su inventar domaćinstava, kako badenske tako i vučedolske kulture (Sl. 3).



## Terensko istraživanje *Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske uz makrokoncept Prirodoznanstveni pristup i Procesi i međuovisnosti u živome svijetu Biologije 4. razreda*

Za model poučavanja ASIO 2, osmišljena je virtualna terenska nastava *Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj*. Virtualna terenska nastava osmišljena je s ciljem da učenici upoznaju staništa deseteronožnih rakova i uvjete u kojima žive, biologiju vrsta, kako se razmnožavaju, razloge ugroženosti i mjere zaštite. Pomoću dihotomskog ključa razlikovat će slatkovodne deseteronožne rakove, a pretraživanjem NCBI banke gena postupkom sravnavanja („blastanja“) mitohondrijskih DNA (mtDNA) sekvenci određivat će znanstvena imena. Uređivanjem filogenetskog stabla zaključit će o njihovim filogenetskim odnosima. Temeljni ishodi koji učenici ostvaruju radeći na pripremljenim materijalima su: BIO SŠ A.4.1. Objasnjava molekularnu osnovu živoga svijeta, BIO SŠ B.4.1. Analizira čovjekov utjecaj na održavanje i narušavanje uravnoteženoga stanja u prirodi i bioraznolikost povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem, BIO SŠ B.4.2. Objasnjava životne procese na molekularnoj razini i BIO SŠ B.4.3. Analizira utjecaj promjenjivih životnih uvjeta na evoluciju. U svim osmišljenim aktivnostima učenici ostvaruju i oba ishoda iz makrokoncepta *D. Prirodoznanstveni pristup*.

Obrada teme sastoji se iz uvodnog dijela nakon kojeg slijede četiri aktivnosti te na kraju završna rasprava. U uvodnom dijelu, gledajući intervju s prof. dr. sc. Ivanom Maguire, učenici upoznaju povijest istraživanja slatkovodnih rakova te njihovu sistematsku pripadnost. Prva aktivnost Autohtone vrste deseteronožnih rakova u Hrvatskoj provodi se kroz grupni rad. U svakoj od sedam grupa učenici upoznaju jednu autohtonu ili alohtonu vrstu, rješavaju radni listić te izrađuju zajedničku prezentaciju kojom će ukratko predstaviti istraživane vrste.

U drugoj aktivnosti Izrada dihotomskog ključa za određivanje vrsta slatkovodnih deseteronožnih rakova učenici formiraju nove grupe, ali u svakoj se nalazi barem po jedan učenik iz prve grupe. Učenici zajednički izrađuju dihotomski ključ za determinaciju slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova u nekom digitalnom alatu po izboru. Na kraju druge aktivnosti slijedi završna rasprava o prijetnjama i mjerama koje se poduzimaju za zaštitu slatkovodnih deseteronožnih rakova. Prijedlog dodatne aktivnosti za zainteresirane učenike je izrada digitalne publikacije za moguću dopunu Crvenog popisa autohtonih vrsta rakova.

Treća aktivnost Usporedba sirovih sekvenci mtDNA sa sekvencama u banci gena za autohtone vrste slatkovodnih deseteronožnih rakova ponovo započinje gledanjem intervjua u kojem dr. sc. Ivana Maguire opisuje postupak usporedbe sekvenci mtDNA i ulogu tog postupka u određivanju filogenetskih odnosa među rakovima. Učenici u grupama rade na filogenetskom stablu na kojem su znanstvena imena rakova šifrirana, a u banci gena uspoređuju sekvene i zamjenjuju šifre imenima vrsta rakova te uspoređuju svoje dihotomske ključeve s filogenetskim stablom te samovrednuju svoje radove.

U četvrtoj aktivnosti, Usporedba sirovih sekvenci mtDNA sa sekvencama u banci gena za odabrane vrste deseteronožnih rakova i procjena starosti najmlađih zajedničkih predaka vrsta/skupina, učenici dovršavaju dešifriranje još četiri vrste rakova, pridružuju ih filogenetskom stablu, pridružuju

ponuđena vremena svakom čvoru na filogenetskom stablu i određuju prije koliko je godina živio posljednji/najmlađi zajednički predak svih evolucijski srodnih vrsta ili skupina vrsta rakova prikazanih filogenetskim stablom. Na kraju slijedi rasprava o rezultatima, usporedba i analiza filogenetskih stabala.

### Izvadak za tematski hodogram

Pri korištenju BUBO materijala uz terensko istraživanje može se u godišnji izvedbeni kurikulum unijeti odgojno-obrazovne ishode i očekivanja međupredmetnih tema prema tablici 3.

**Tablica 3 Dio GIK-a uz terensko istraživanje u 4. razredu ŠŠ**

RAZRED	4.	Dio godišnjeg izvedbenog kurikuluma uz primjenu ASIO modela učenja	OČEKIVANJA MEĐUPREDMETNIH TEMA
TEMATSKA CJELINA	NASTAVNA TEMA	ODGOJNO-OBRASOVNI ISHODI	
Terenski rad u Biologiji	<b>Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske</b> Broj sati: 6	BIO ŠŠ B.4.3. Analizira utjecaj promjenjivih životnih uvjeta na evoluciju.  BIO ŠŠ D.4.1. Primjenjuje osnovna načela i metodologiju znanstvenoga istraživanja kritički prosuđujući rezultate i analizira posljedice razvoja znanstvene misli tijekom povijesti.  BIO ŠŠ D.4.2. Argumentira različita mišljenja o etičkim pitanjima u biološkim istraživanjima i primjeni rezultata bioloških otkrića u svakodnevnome životu suvremenoga čovjeka uz donošenje odluka o vlastitim postupanjima povezanim s njihovom primjenom.	<b>Osobni i socijalni razvoj</b> osr A.5.3.Razvija svoje potencijale. osr B.5.2. Suradnički uči i radi u timu. <b>Zdravlje</b> zdr B.5.1.A Procjenjuje važnost razvijanja i unapređivanja komunikacijskih vještina i njihove primjene u svakodnevnome životu. <b>Učiti kako učiti</b> uku D.4/5.2. Suradnja s drugima. Učenik ostvaruje dobru komunikaciju s drugima, uspješno surađuje u različitim situacijama i spreman je zatražiti i ponuditi pomoć. <b>Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije</b> ikt D.5.1.Učenik svršishodno primjenjuje vrlo različite metode za razvoj kreativnosti kombinirajući stvarno i virtualno okružje. ikt D.5.3.Učenik samostalno ili u suradnji s kolegama predočava, stvara i dijeli nove ideje i uratke s pomoću IKT-a.

### Plan poučavanja i radni listići za učenje teme Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske

Tematska cjelina
Terenski rad u biologiji
Nastavna tema
Dokazi evolucije na teritoriju Hrvatske / Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj

Cilj nastavne teme	
Učenici će opisati stanište deseteronožnih rakova i uvjete u kojima žive, čime se hrane i kad se i kako razmnožavaju. Pomoću dihotomskog ključa razlikovat će slatkovodne deseteronožne rakove. Navest će razloge zbog kojih su ugroženi te će objasniti glavne mjere kojima ih se nastoji zaštiti. Pretraživanjem NCBI banke gena postupkom „blastanja“ mtDNA sekvenci odredit će znanstvena imena odabranih vrsta deseteronožnih rakova. Uređivanjem filogenetskog stabla zaključit će o njihovim filogenetskim odnosima.	
Ključni pojmovi	Temeljni koncepti
Autohtone vrste, alohtone vrste, sekvenciranje DNA, filogenetsko stablo	B.5.1. Čimbenici evolucije B.5.2. Postanak vrsta B.6.2. Poremećaji uravnoteženog stanja u prirodi D.2.1. Metodologija bioloških istraživanja
Kontekst poučavanja koncepta <i>Sadržajni okvir učenja (na kojim će se primjerima učiti)</i> .	
Slatkovodni deseteronožni rakovi rasprostranjeni u Hrvatskoj su: <i>Austropotamobius pallipes</i> (Lereboullet, 1858) - bjelonogi ili primorski rak, <i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803) - potočni rak ili rak kamenjar, <i>Astacus</i>	



*astacus* (Linnaeus, 1758) - riječni ili plemeniti rak i *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) - uskoškari, turski ili barski rak. Postoje i strane invazivne (koje su ujedno i prijetnja nativnim) a to su: *Pacifastacus leniusculus* (signalni rak), *Faxonius limosus* (bodljobradi rak) i *Procambarus virginialis* (mramorni rak).

### Odgono-obrazovni ishodi

BIO SŠ A.4.1.	Objašnjava molekularnu osnovu živoga svijeta.
BIO SŠ B.4.1.	Analizira čovjekov utjecaj na održavanje i narušavanje uravnoteženoga stanja u prirodi i bioraznolikost povezujući vlastito ponašanje i odgovornost s održivim razvojem.
BIO SŠ B.4.2.	Objašnjava životne procese na molekularnoj razini.
BIO SŠ B.4.3.	Analizira utjecaj promjenjivih životnih uvjeta na evoluciju.
BIO SŠ D.4.1.	Primjenjuje osnovna načela i metodologiju znanstvenoga istraživanja kritički prosuđujući rezultate i analizira posljedice razvoja znanstvene misli tijekom povijesti.
BIO SŠ D.4.2.	Argumentira različita mišljenja o etičkim pitanjima u biološkim istraživanjima i primjeni rezultata bioloških otkrića u svakodnevnome životu suvremenoga čovjeka uz donošenje odluka o vlastitim postupanjima povezanim s njihovom primjenom.

### Ishodi razrade/aktivnosti

- BIO SŠ A.4.1.5. Objašnjava da su nukleinske kiseline temelj srodnosti i raznolikosti živoga svijeta.
- BIO SŠ B.4.1.3. Argumentira važnost očuvanja bioraznolikosti za stabilnost ekosustava i čovjekov opstanak.
- BIO SŠ B.4.1.4. Utvrđuje čovjekovu odgovornost u održavanju uravnoteženoga stanja u prirodi i očuvanju bioraznolikosti.
- BIO SŠ B.4.1.5. Raspravlja o uzrocima ugroženosti vrsta i populacija.
- BIO SŠ B.4.2.7. Objašnjava zajedničko djelovanje genotipa i čimbenika okoliša u stvaranju fenotipa.
- BIO SŠ B.4.3.4. Povezuje selekciju, adaptaciju i specijaciju s evolucijom živoga svijeta.
- BIO SŠ D.4.1.1. Prikuplja podatke uz donošenje zaključaka tijekom učenja i poučavanja.
- BIO SŠ D.4.1.4. Raspravlja o prikazanim i opisanim rezultatima donoseći argumentirane zaključke.
- BIO SŠ D.4.2.1. Raspravlja o opravdanosti istraživanja na živim organizmima, posljedicama i opravdanosti čovjekova djelovanja na prirodne procese.

Tijek Artikulacija (pregledni nacrt nastavnog sata)		Trajanje (u pojedinačnim satima PS /blok satima BS)	2 PS
BR. SATA	DIO SATA	HODOGRAM AKTIVNOSTI	min
1.	POČETNI DIO	Uvodna prezentacija – povijest istraživanja slatkovodnih raka, sistematska pripadnost	2
		Uvodna prezentacija – uvodni intervju s Ivanom Maguire	4
	SREDIŠNJI DIO	Aktivnost 1. Autohtone vrste deseteronožnih raka u Hrvatskoj <ul style="list-style-type: none"> <li>• podjela učenike u grupe (7 grupe)</li> <li>• svaka grupa upoznaje jednu autohtonu ili alohtonu vrstu</li> <li>• učenici istražuju zadane web stranice, ali mogu potražiti informacije i u drugim relevantnim izvorima te rješavaju radni listić 1.</li> <li>• izrađuju zajedničku prezentaciju kojom će ukratko predstaviti istraživane vrste (ova prezentacija može biti domaći rad i uvod u sljedeći blok sat, u aktivnost 3.)</li> </ul>	25
		Aktivnost 2. Izrada dihotomskog ključa za određivanje vrsta slatkovodnih deseteronožnih raka <ul style="list-style-type: none"> <li>• učenici formiraju nove grupe, svaku čini 1-2 učenika iz 1. grupe</li> <li>• zajednički izrađuju dihotomski ključ za determinaciju slatkovodnih vrsta deseteronožnih raka</li> <li>• dihotomski ključ izrađuju u nekom digitalnom alatu po izboru ili na papiru (prijevod: <a href="https://online.visual-paradigm.com/drive/#diagramlist:proj=0&amp;new=DichotomousKey">https://online.visual-paradigm.com/drive/#diagramlist:proj=0&amp;new=DichotomousKey</a>)</li> </ul>	35
		Aktivnost D. Daroviti ili zainteresirani učenici tijekom tog vremena istražuju širenje signalnog raka i bodljoglavog raka u Hrvatskoj te izdvojiti opasnosti uzrokovane njihovim širenjem. Učenici proučavaju ekologiju signalnog i bodljoglavog raka (prilog d1 – linkovi). Prepoznaju ih kao invazivne vrste i opisuju način njihovog širenja u hrvatskim rijekama, izdvajaju razloge zbog kojih su opasni za autohtone vrste raka i predviđaju što će se dogoditi ako se njihovo širenje nastavi. Kao izvore znanja koriste poveznice na radnom listu i vlastite izvore	

		po potrebi. Kao usmjerivače pažnje nastavnik zadaje pitanja na radnom listu. Konačan rezultat aktivnosti (Vennov dijagram) učenici trebaju poslati nastavniku koji ga može pokazati ostalim učenicima (npr. na licu mjesta uvrstiti u PPT. prezentaciju ili kao sliku podijeliti s učenicima nakon prezentacija izrađenih dihotomske ključeva).	
	<b>ZAVRŠNI DIO</b>	Završna rasprava o prijetnjama i mjerama koje se poduzimaju za zaštitu slatkovodnih deseteronožnih raka  Prijedlog: Zainteresirani učenici mogu napraviti digitalnu publikaciju za buduću Crvenu knjigu raka za autohtone vrste.	10
<b>2. POČETNI DIO</b>		Uvodna zajednička prezentacija  Kratko predstavljanje svake vrste (podaci iz tablice, zanimljivosti...)	6
<b>SREDIŠNJI DIO</b>		Videozapis 2: Terenski rad, sekvenciranje mtDNA i filogenetski odnosi Videozapis uključuje 2. intervju s Ivanom Maguire (opis postupka usporedbe sekvenci mtDNA i uloga postupka)  Aktivnost 3. Usporedba sirovih sekvenci mtDNA sa sekvcencama u banchi gena za autohtone vrste slatkovodnih deseteronožnih raka <ul style="list-style-type: none"> <li>• grupni rad (iste grupe)</li> <li>• učenici u grupama rade na filogenetskom stablu na kojem se umjesto znanstvenih imena raka, nalaze oznake A, B, C i D</li> <li>• u banchi gena uspoređuju sekvene i zamjenjuju oznake A, B, C i D imenima vrsta raka</li> <li>• uspoređuju svoje dihotomske ključeve s filogenetskim stablom te vrednuju svoje rade</li> </ul> Aktivnost 4. Usporedba sirovih sekvenci mtDNA sa sekvcencama u banchi gena za odabранe vrste deseteronožnih raka i procjena starosti najmlađih zajedničkih predaka vrsta/skupina <ul style="list-style-type: none"> <li>• grupni rad (različite grupe)</li> <li>• u banchi gena uspoređuju sekvene i zamjenjuju oznake E, F, G i H imenima vrsta raka</li> <li>• pridružuju ponuđena vremena svakom čvoru na filogenetskom stablu i određuju prije koliko je godina živio posljednji/najmlađi zajednički predak svih evolucijski srodnih vrsta ili skupina vrsta prikazanih filogenetskim stablom</li> </ul>	30  30
<b>ZAVRŠNI DIO</b>		Rasprava o rezultatima, usporedba i analiza filogenetskih stabala. Učenici rješavaju pitanja s izlazne kartice, svaki učenik odgovara individualno. Odgovore na 2. pitanje učenici dijele putem BUBO foruma ili nekog digitalnog alata (prijevod: <a href="https://en.linoit.com/">https://en.linoit.com/</a> ) Odgovore na 3. pitanje učenici dijele putem BUBO foruma ili digitalnog alata <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> .	10



## Radni listić 1: Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj

Biologija uz BUBO u 4. razredu srednje škole  
Priručnik za poučavanje i učenje

### Grupa: Bjelonogi ili primorski rak

Upoznajte bjelonogog (primorskog) raka odgovarajući na sljedeća pitanja.



Slika 1. Bjelonogi rak (Izvor: David Perez, CC BY 3.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>, via  
Wikimedia Commons)

Odgovore potražite u dokumentu (od 1. do 12. stanice) kojeg ćete pronaći skeniranjem QR koda  
ili na poveznici: [https://bit.ly/bjelonogi\\_rak](https://bit.ly/bjelonogi_rak)



1. Ukratko opišite stanište bjelonogog raka. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Koja su obilježja najvažnija za razlikovanje bjelonogog raka od drugih slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova? Ispunite tablicu 1. u koju ćete upisati specifična morfometrijska obilježja koja je potrebno uočiti kako bi se determinirala vrsta.

Tablica 1. Morfometrijska obilježja bjelonogog raka.

Duljina tijela odrasle jedinke:		Trn iza cervicalne brazde (jedan, više, nema trnova):	
Boja tijela:		Abdominalne pleure (s trnom, zaobljene):	
Oblik kliješta: ■ uska ■ široka ■ glatka ■ granulirana		Oblik rostruma (kratak, dugačak, ravan, trokutast ili trapezoidan, granuliran, strane paralelne):	
Broj grebena / trnova iza očiju (par):			

3. Odgovorite na pitanja u tablici 2. i saznajte detalje o životu bjelonogog raka.

Tablica 2. Biologija bjelonogog raka.

U kojoj godini života dosežu spolnu zrelost?	
Koliko jaja polaže ženka?	
U kojem mjesecu traje sezona parenja, a u kojem se mjesecu izliježu mladi rakovi?	Sezona parenja: Izlijeganje:
Čime se hrane?	

4. Proučite tekst koji slijedi iza naslova: „Direktne prijetnje koje ugrožavaju rakove slatkih voda”. Odaberite jednu prijetnju koja je posljedica građevnih zahvata i jednu koja je posljedica unosa alohtonih vrsta u stanište i opišite kako svaka od njih ugrožava bjelonogog raka.

Prijetnja koja je posljedica građevnih zahvata u stanište bjelonogog raka: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Prijetnja koja je posljedica unosa alohtonih vrsta u stanište bjelonogog raka: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

5. Što se iz članka 153. *Zakona o zaštiti prirode* (Narodne novine 80/2013) odnosi na bjelonogog raka? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

**Radni listić 1: Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj**

**Grupa: Riječni ili plemeniti rak**

**Upoznajte riječnog (plemenitog) raka odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Riječni rak** (Izvor: H. Zell, CC BY-SA 3.0; <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons)

Odgovore potražite u dokumentu (od 1. do 12. stanice) kojeg ćete pronaći skeniranjem QR koda  
ili na poveznici: [https://bit.ly/rijecni\\_rak](https://bit.ly/rijecni_rak)



1. Ukratko opišite stanište riječnog raka.

---

---

---

2. Koja su obilježja najvažnija za razlikovanje riječnog raka od drugih slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova? Ispunite tablicu 1. u koju ćete upisati specifična morfometrijska obilježja koja je potrebno uočiti kako bi se determinirala vrsta.

Tablica 1. Morfometrijska obilježja riječnog raka.

Duljina tijela odrasle jedinke:		Trn iza cervikalne brazde (jedan, više, nema trnova):	
Boja tijela:		Abdominalne pleure (s trnom, zaobljene):	
Oblik kliješta: ■ uska ■ široka ■ glatka ■ granulirana		Oblik rostruma (kratak, dugačak, ravan, trokutast ili trapezoidan, granuliran, strane paralelne):	
Broj grebena / trnova iza očiju (par):			

3. Odgovorite na pitanja u tablici 2. i saznajte detalje o životu riječnog raka.

Tablica 2. Biologija riječnog raka.

U kojoj godini života dosežu spolnu zrelost?	
Koliko jaja polaže ženka?	
U kojem mjesecu traje sezona parenja, a u kojem se mjesecu izlježu mladi rakovi?	Sezona parenja: Izlijeganje:
Čime se hrane?	

4. Proučite tekst koji slijedi iza naslova: „*Direktne prijetnje koje ugrožavaju rakove slatkih voda*“. Odaberite jednu prijetnju koja je posljedica ljudskog zadiranja u njihova staništa i jednu koja je posljedica onečišćenja njihovih staništa i opišite kako svaka od njih ugrožava riječnoga raka.

Prijetnja koja je posljedica ljudskog zadiranja u staništa riječnoga raka: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Prijetnja koja je posljedica onečišćenja staništa riječnoga raka: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

5. Što se iz članka 153. *Zakona o zaštiti prirode* (Narodne novine 80/2013) odnosi na riječnoga raka? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

**Radni listić 1: Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj**

**Grupa: Rak kamenjar ili potočni rak**

**Upoznajte raka kamenjara (potočnog raka) odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Rak kamenjar** (Izvor: Christoph Leeb, CC BY-SA 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons)

Odgovore potražite u dokumentu (od 1. do 12. stanice) kojeg ćete pronaći skenirajući QR kod

ili na poveznici: [https://bit.ly/rak\\_kamenjar](https://bit.ly/rak_kamenjar)



1.1. Ukratko opišite stanište raka kamenjara. \_\_\_\_\_

---

---

---

2. Koja su obilježja najvažnija za razlikovanje raka kamenjara od drugih slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova? Ispunite tablicu 1. u koju ćete upisati specifična morfometrijska obilježja koja je potrebno uočiti kako bi se determinirala vrsta.

Tablica 1. Morfometrijska obilježja raka kamenjara.

Duljina tijela odrasle jedinke:		Trn iza cervikalne brazde (jedan, više, nema trnova):	
Boja tijela:		Abdominalne pleure (s trnom, zaobljene):	
Oblik kliješta: ■ uska ■ široka ■ glatka ■ granulirana		Oblik rostruma (kratak, dugačak, ravan, trokutast ili trapezoidan, granuliran, strane paralelne):	
Broj grebena / trnova iza očiju (par):			

3. Odgovorite na pitanja u tablici 2. i saznajte detalje o životu raka kamenjara.

Tablica 2. Biologija raka kamenjara.

U kojoj godini života dosežu spolnu zrelost?	
Koliko jaja polaže ženka?	
U kojem mjesecu traje sezona parenja, a u kojem se mjesecu izliježu mladi rakovi?	Sezona parenja: Izlijeganje:
Čime se hrane?	

4. Proučite tekst koji slijedi iza naslova: „*Direktne prijetnje koje ugrožavaju rakove slatkih voda*“. Odaberite jednu prijetnju koja je posljedica modifikacija prirodnih značajki ekoloških sustava i jednu koja je posljedica klimatskih promjena i ekstremnih vremenskih prilika i opišite kako svaka od njih ugrožava raka kamenjara.

Prijetnja koja je posljedica modifikacija prirodnih značajki ekoloških sustava u staništu raka kamenjara: \_

---

---

---

---

Prijetnja koja je posljedica klimatskih promjena i ekstremnih vremenskih prilika na staništima raka kamenjara: \_

---

---

---

---

5. Što se iz članka 153. *Zakona o zaštiti prirode* (Narodne novine 80/2013) odnosi na raka kamenjara? \_

---

---

---

**Radni listić 1: Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj**

**Grupa: Uskoškari, turski ili barski rak**

**Upoznajte uskoškarog (turskog ili barskog) raka odgovarajući na sljedeća pitanja.**



Slika 1. Uskoškari rak (Izvor: Alexander Mrkvicka, CC BY-SA 3.0; <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons)

Odgovore potražite u dokumentu (od 1. do 12. stanice) kojeg ćete pronaći skenirajući QR kod ili na poveznici:  
[https://bit.ly/uskoskari\\_rak](https://bit.ly/uskoskari_rak)



1. Ukratko opišite stanište uskoškarog raka. \_\_\_\_\_

---

---

---

2. Koja su obilježja najvažnija za razlikovanje uskoškarog raka od drugih slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova? Ispunite tablicu 1. u koju ćete upisati specifična morfometrijska obilježja koja je potrebno uočiti kako bi se determinirala vrsta.

Tablica 1. Morfometrijska obilježja uskoškarog raka.

Duljina tijela odrasle jedinke:		Trn iza cervikalne brazde (jedan, više, nema trnova):	
Boja tijela:		Abdominalne pleure (s trnom, zaobljene):	
Oblik kliješta: ■ uska ■ široka ■ glatka ■ granulirana		Oblik rostruma (kratak, dugačak, ravan, trokutast ili trapezoidan, granuliran, strane paralelne):	
Broj grebena / trnova iza očiju (par):			

3. Odgovorite na pitanja u tablici 2. i saznajte detalje o životu uskoškarog raka.

Tablica 2. Biologija uskoškarog raka.

U kojoj godini života dosežu spolnu zrelost?	
Koliko jaja polaže ženka?	
U kojem mjesecu traje sezona parenja, a u kojem se mjesecu izliježu mladi rakovi?	Sezona parenja: Izlijeganje:
Čime se hrane?	

4. Proučite tekst koji slijedi iza naslova: 1.3.5. Ugroženost i izdvojite najvažnije prijetnje koje ugrožavaju uskoškarog raka.

---

---

---

---

---

---

---

5. Što se iz članka 153. *Zakona o zaštiti prirode* (Narodne novine 80/2013) odnosi na uskoškarog raka?

---

---

---

**Radni listić 1: Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj**

**Grupa: Bodljobradi ili prugasti rak**

**Upoznajte bodljobradog (prugastog) raka odgovarajući na sljedeća pitanja.**



[https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0,](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)  
via Wikimedia Commons)

Odgovore potražite u dokumentu kojeg ćete  
pronaći skenirajući QR kod ili na poveznici:  
[https://bit.ly/bodljobradi\\_rak](https://bit.ly/bodljobradi_rak)



**Slika 1. Bodljobradi rak** (Izvor: Astacoides, CC BY-SA 3.0)

1.1. Ukratko opišite stanište bodljobradog raka. \_\_\_\_\_

---

---

---

2. Koja su obilježja najvažnija za razlikovanje bodljobradog raka od drugih slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova? Ispunite tablicu 1. u koju ćete upisati specifična morfometrijska obilježja koja je potrebno uočiti kako bi se determinirala vrsta.

**Tablica 1. Morfometrijska obilježja bodljobradog raka.**

Duljina tijela odrasle jedinke:		Trn iza cervicalne brazde (jedan, više, nema trnova):	
Boja tijela:		Abdominalne pleure (s trnom, zaobljene):	
Oblik kliješta: ■ uska ■ široka ■ glatka ■ granulirana		Oblik rostruma (kratak, dugačak, ravan, trokutast ili trapezoidan, granuliran, strane paralelne):	
Broj grebena / trnova iza očiju (par):			

3. Odgovorite na pitanja u tablici i saznajte detalje o životu bodljobradog raka.

Tablica 2. Biologija bodljobradog raka.

U kojoj godini života dosežu spolnu zrelost?	
Koliko jaja polaže ženka?	
U kojem mjesecu traje sezona parenja, a u kojem se mjesecu izliježu mladi rakovi?	Sezona parenja: Izlijeganje:
Čime se hrane?	

4. Što se iz članka 153. *Zakona o zaštiti prirode* (Narodne novine 80/2013) odnosi na bodljobradog raka?

---

---

---

---

**Radni listić 1: Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj**

**Grupa: Signalni rak**

**Upoznajte signalnog raka odgovarajući na sljedeća pitanja.**



**Slika 1. Signalni rak** (Izvor: Astacoides, CC BY-SA 3.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via  
Wikimedia Commons)

Odgovore potražite u dokumentu (od 1. do 12. stanice) kojeg ćete pronaći skenirajući QR kod ili na poveznici:  
[https://bit.ly/signalni\\_rak](https://bit.ly/signalni_rak)



1.1. Ukratko opišite stanište signalnog raka. \_\_\_\_\_

---

---

---

2. Koja su obilježja najvažnija za razlikovanje signalnog raka od drugih slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova? Ispunite tablicu 1. u koju ćete upisati specifična morfometrijska obilježja koja je potrebno uočiti kako bi se determinirala vrsta.

Tablica 1. Morfometrijska obilježja signalnog raka.

Duljina tijela odrasle jedinke:		Trn iza cervicalne brazde (jedan, više, nema trnova):	
Boja tijela:		Abdominalne pleure (s trnom, zaobljene):	
Oblik kliješta: <input checked="" type="checkbox"/> uska <input checked="" type="checkbox"/> široka <input checked="" type="checkbox"/> glatka <input checked="" type="checkbox"/> granulirana		Oblik rostruma (kratak, dugačak, ravan, trokutast ili trapezoidan, granuliran, strane paralelne):	
Broj grebena / trnova iza očiju (par):			

3. Odgovorite na pitanja u tablici i saznajte detalje o životu signalnog raka.

Tablica 2. Biologija siglanog raka.

U kojoj godini života dosežu spolnu zrelost?	
Koliko jaja polaže ženka?	
U kojem mjesecu traje sezona parenja, a u kojem se mjesecu izliježu mladi rakovi?	Sezona parenja: Izlijeganje:
Čime se hrane?	

4. Što se iz članka 153. *Zakona o zaštiti prirode* (Narodne novine 80/2013) odnosi na signalnog raka?

---

---

---

---

**Radni listić 1: Upoznajmo slatkovodne deseteronožne rakove u Republici Hrvatskoj**

**Grupa: Mramorni rak**

Upoznajte mramornog raka odgovarajući na sljedeća pitanja.



Slika 1. Mramorni rak (Izvor: Chucholl C., CC BY-SA 3.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons)

Odgovore potražite u dokumentu (od 1. do 12. stanice) kojeg ćete pronaći skenirajući QR kod ili na poveznici:  
[https://bit.ly/mramorni\\_rak](https://bit.ly/mramorni_rak)



1.1. Ukratko opišite stanište mramornog raka.

---

---

---

2. Koja su obilježja najvažnija za razlikovanje mramornog raka od drugih slatkovodnih vrsta deseteronožnih rakova? Ispunite tablicu 1. u koju ćete upisati specifična morfometrijska obilježja koja je potrebno uočiti kako bi se determinirala vrsta.

Tablica 1. Morfometrijska obilježja mramornog raka.

Duljina tijela odrasle jedinke:	Trn iza cervicalne brazde (jedan, više, nema trnova):	
Boja tijela:	Abdominalne pleure (s trnom, zaobljene):	
Oblik kliješta: ▪ uska ▪ široka ▪ glatka ▪ granulirana	Oblik rostruma (kratak, dugačak, ravan, trokutast ili trapezoidan, granuliran, strane paralelne):	
Broj grebena / trnova iza očiju (par):		

3. Odgovorite na pitanja u tablici i saznajte detalje o životu mramornog raka.

Tablica 2. Biologija mramornog raka.

U kojoj godini života dosežu spolnu zrelost?	
Koliko jaja polaže ženka?	
U kojem mjesecu traje sezona parenja, a u kojem se mjesecu izliježu mladi rakovi?	Sezona parenja: Izlijeganje:
Čime se hrane?	

4. Što se iz članka 153. *Zakona o zaštiti prirode* (Narodne novine 80/2013) odnosi na mramornog raka? \_\_\_\_\_

---

---

---

**Literatura:**

Bjelonogi ili primorski rak: [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03\\_prirodne/monitoring\\_prog/FINAL%20Austropotamobius\\_pallipes%2008-17.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/monitoring_prog/FINAL%20Austropotamobius_pallipes%2008-17.pdf)

Riječni ili plemeniti rak: [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03\\_prirodne/monitoring\\_prog/FINAL%20Astacus\\_astacus%2008-17.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/monitoring_prog/FINAL%20Astacus_astacus%2008-17.pdf)  
Rak kamenjar ili potočni rak: [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03\\_prirodne/monitoring\\_prog/FINAL%20Austropotamobius\\_torrentium%2008-17.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/monitoring_prog/FINAL%20Austropotamobius_torrentium%2008-17.pdf)

Bodljobradi rak: [https://bit.ly/bodljobradi\\_rak](https://bit.ly/bodljobradi_rak)  
Uskoškari rak: [https://bit.ly/uskoskari\\_rak](https://bit.ly/uskoskari_rak)  
Signalni rak: [https://bit.ly/signalni\\_rak](https://bit.ly/signalni_rak)  
Mramorni rak: [https://bit.ly/mramorni\\_rak](https://bit.ly/mramorni_rak)

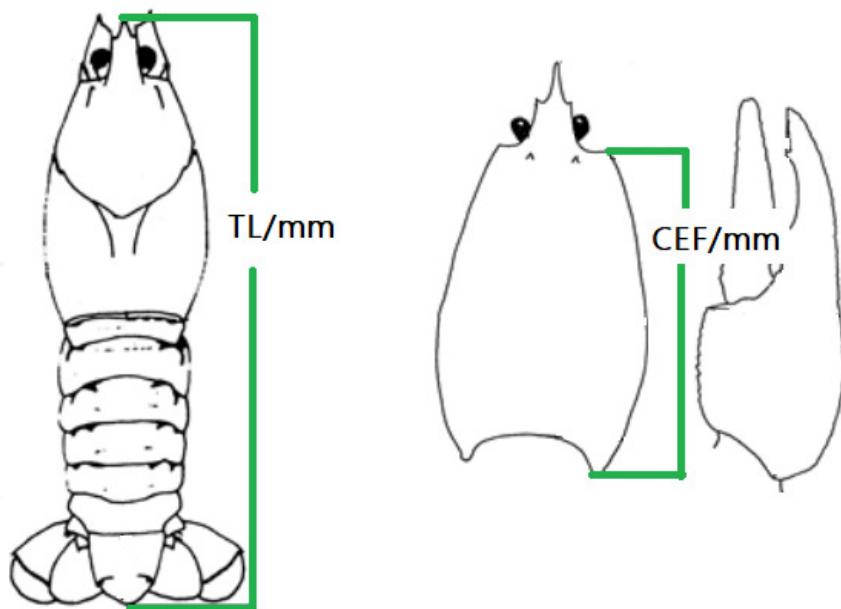
### Usporedba morfometrijskih značajki riječnog (plemenitog) raka i raka kamenjara (potočnog raka)

#### Što je morfometrija?

Morfometrija se često upotrebljava u biologiji za opisivanje svojstava organizama. To je znanstvena disciplina koja proučava tjelesne mjere određene životinjske vrste, odnosno obuhvaća kvantitativnu analizu veličine i oblika organizma. Cilj morfometrijskih istraživanja je proučavanje oblika organizma, njegovih varijacija te u kakvom je odnosu s ostalim varijablama.

Morfometrijska mjerena vrlo se često koriste za istraživanje razlika između vrsta i populacija rakova jer su tjelesne mjere karakteristične za određenu vrstu i populaciju. Prednosti primjene morfometrijskih metoda su da su tehnički jednostavne, jeftine i pouzdane te se koriste u mnogim istraživačkim i znanstvenim radovima.

U tablicama 1. i 2. navedeni su morfometrijski podaci o ukupnoj duljinama tijela (TL/mm) i duljinama glavopršnjaka (CEF/mm) za dvije vrste rakova, raka kamenjara (*Austropotamobius torrentium*) i riječnog raka (*Astacus astacus*). Podaci su prikupljeni na terenskim istraživanjima na potoku Dolje i jezeru Motičnjak. Slika 1 prikazuje morfometrijska obilježja (TL i CEF) koja su izmjerena pomoću pomicne mjerke na rakovima u ovom istraživanju.



**Slika 1.** Pozicije morfometrijskih obilježja izmjerena na jedinkama raka kamenjara i riječnog raka. Ukupna duljina tijela označena je TL/mm, a duljina glavopršnjaka CEF/mm.

Tablica 1. Podaci o duljini tijela (TL/mm) i duljini glavopršnjaka (CEF/mm) za vrstu rak kamenjar ili potočni rak (*Austropotamobius torrentium*) s lokaliteta potok Dolje

Vrsta	Lokalitet	TL/mm	CEF/mm
A. torrentium	potok Dolje	31.1	11.7
A. torrentium	potok Dolje	33.45	14.24
A. torrentium	potok Dolje	34	13
A. torrentium	potok Dolje	56.1	22.9
A. torrentium	potok Dolje	61.1	25.3
A. torrentium	potok Dolje	62.2	27.7
A. torrentium	potok Dolje	65	26.6
A. torrentium	potok Dolje	68	27.1
A. torrentium	potok Dolje	68.47	30.76
A. torrentium	potok Dolje	69.47	30.19
A. torrentium	potok Dolje	69.5	29.4
A. torrentium	potok Dolje	71.7	31.1
A. torrentium	potok Dolje	72.54	28.55
A. torrentium	potok Dolje	75.1	35.17
A. torrentium	potok Dolje	75.65	36.67
A. torrentium	potok Dolje	77.66	32.87
A. torrentium	potok Dolje	78.5	37.3

Tablica 2. Podaci o duljini tijela (TL/mm) i duljini glavopršnjaka (CEF/mm) za vrstu riječni ili plemeniti rak (*Astacus astacus*) s lokaliteta jezero Motičnjak

Vrsta	Lokalitet	TL/mm	CEF/mm
A. astacus	jezero Motičnjak	88.49	21.12
A. astacus	jezero Motičnjak	106.08	47.55
A. astacus	jezero Motičnjak	115.96	51.93
A. astacus	jezero Motičnjak	112.16	51.26
A. astacus	jezero Motičnjak	122.09	58.97
A. astacus	jezero Motičnjak	111.46	51.12
A. astacus	jezero Motičnjak	118.14	56.2
A. astacus	jezero Motičnjak	101.81	47.19
A. astacus	jezero Motičnjak	122.11	56.77
A. astacus	jezero Motičnjak	117.31	55.14
A. astacus	jezero Motičnjak	99.03	51.11
A. astacus	jezero Motičnjak	115.17	53.86
A. astacus	jezero Motičnjak	115.22	55.45
A. astacus	jezero Motičnjak	117.02	56.34
A. astacus	jezero Motičnjak	113.89	49.46
A. astacus	jezero Motičnjak	120.31	48.06
A. astacus	jezero Motičnjak	118.58	54.74
A. astacus	jezero Motičnjak	121.56	59.41
A. astacus	jezero Motičnjak	128.65	56.27

**Zadatak:** Analizirajte prikupljene podatke.

1. Unesite prikupljene podatke u excel tablicu.
2. Izračunajte srednju vrijednost duljine tijela populacije raka kamenjara i srednju vrijednost duljine glavopršnjaka.
3. Izračunajte srednju vrijednost duljine tijela populacije riječnog raka i srednju vrijednost duljine glavopršnjaka.
4. Usporedite dobivene srednje vrijednosti s podacima o duljinama tijela i duljinama glavopršnjaka ovih vrsta rakova iz dostupne literature.
  - 4.1. Podudaraju li se dobivene srednje vrijednosti mjerениh obilježja pojedinih populacija ovih dviju vrsta rakova s podacima iz literature? Objasnite svoj odgovor.
  - 4.2. Usporedite međusobno
  - 4.3. Pronađite u literaturi podatke pri kojoj ukupnoj duljini rakovi postižu spolnu zrelost. Usporedite vaše mјere za raka kamenjara i riječnog raka s literaturnim podacima. Zaključite jesu li svi rakovi iz vašeg istraživanja spolno zreli?

**Popis literature:**

Riječni ili plemeniti rak:

- [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03\\_prirodne/monitoring\\_prog/FINAL%20Astacus\\_astacus%2008-17.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/monitoring_prog/FINAL%20Astacus_astacus%2008-17.pdf) (pristupljeno 21.10.2021.)
- [https://bit.ly/astacus\\_astacus](https://bit.ly/astacus_astacus) (pristupljeno 25.10.2021.)

Rak kamenjar ili potočni rak:

- [http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03\\_prirodne/monitoring\\_prog/FINAL%20Austropotamobius\\_torrentium%2008-17.pdf](http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/monitoring_prog/FINAL%20Austropotamobius_torrentium%2008-17.pdf) (pristupljeno 21.10.2021.)
- [https://bit.ly/bodljobradi\\_rak](https://bit.ly/bodljobradi_rak) (pristupljeno 25.10.2021.)

## Radni list D. Signalni rak i bodljoglavi rak kao invazivne vrste

Proučite sljedeće izvore:

[https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf\\_clanka/hv\\_69-70\\_2009\\_281\\_hudina-et-al.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_69-70_2009_281_hudina-et-al.pdf)

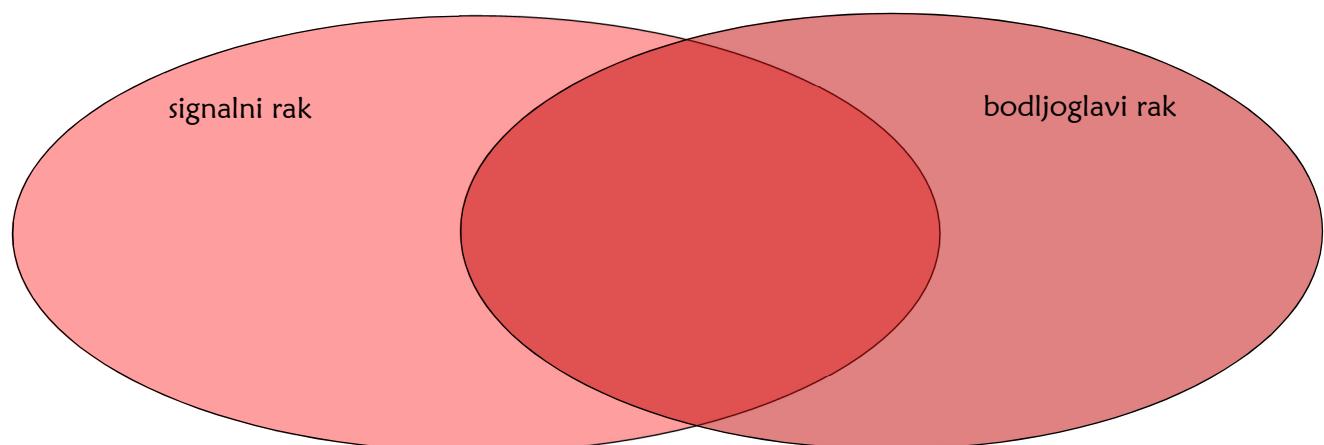
<http://www.haop.hr/hr/tematska-područja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/planovi-upravljanja-i-mjere-ocuvanja-9>

Zadatak:

Koristeći aplikaciju [Google Maps](#) pronađite rijeke u Hrvatskoj u kojima su se do danas proširili signalni i bodljoglavi rak.

Za svaku od navedenih vrsta odgovorite na pitanja:	Signalni rak ( <i>Pacifastacus leniusculus</i> )	Bodljoglavi rak ( <i>Orconectes limosus</i> )
Zašto se smatra invazivnom vrstom?		
Opišite kako se širio i u kojim hrvatskim rijekama ga nalazimo.		
Je li širenje svim rijekama povezano? Objasnite!		
Objasnite koje opasnosti predstavlja za autohtone vrste rakova.		
Predvidite koje su moguće posljedice daljnog širenja u Republici Hrvatskoj.		
Opišite stanište u kojem je vrsta autohton i usporedite ga sa staništem u Republici Hrvatskoj		

Usporedite svoje odgovore za ove dvije vrste rakova. Analizirajte i izdvojite sličnosti i razlike te ih iskoristite za izradu Vennovog dijagrama. Dijagram zatim izdvojite i pošaljite nastavniku.



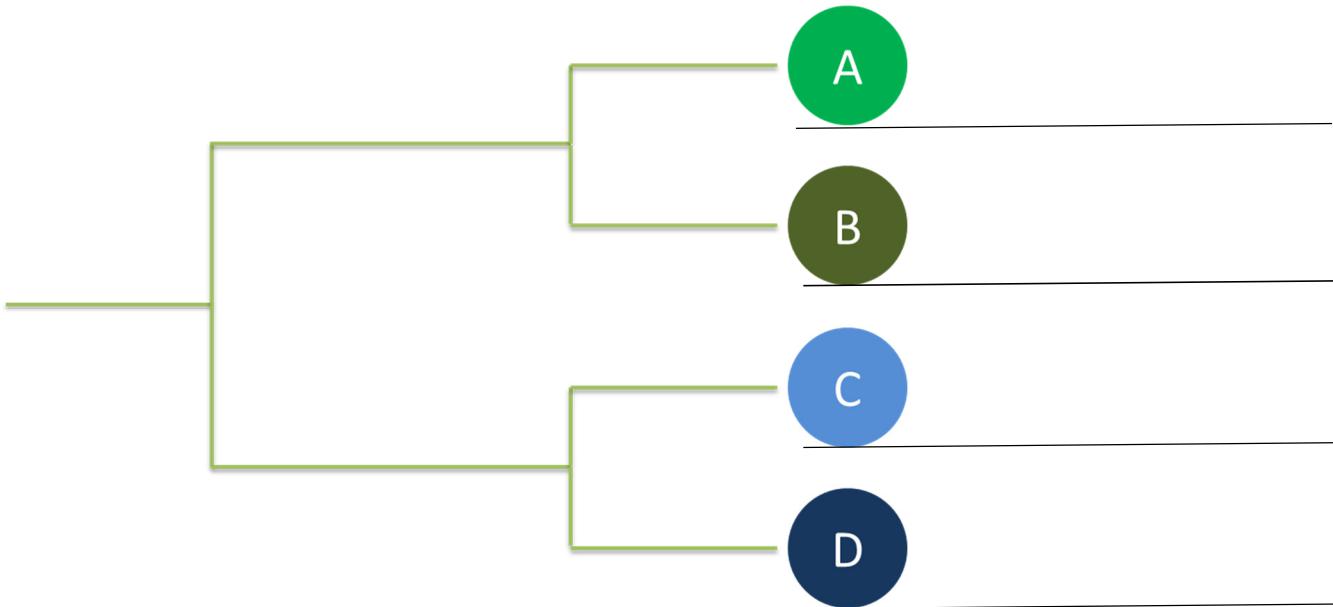
**Radni listić 2: Filogenetski odnosi deseteronožnih rakova**

**AKTIVNOST 3.** Sekvence mitohondrijskog gena podjedinice I citokrom-oksidaze pokazale su se iznimno korisne prilikom proučavanja filogenetskih odnosa rakova.

Iz ulovljenih jedinki različitih vrsta rakova izolirana je mitohondrijska DNA (mtDNA) složenim metodama o kojima ste kratko čuli od prof. dr. sc. Ivane Maguire. Uzorcima je dodijeljena oznaka i šifra pod kojom se mogu pronaći u bazi podataka GenBank (NCBI – National Centar for Biotechnology Information).

3.1. Na temelju priloženog filogenetskog stabla (Slika 1.) i sljedova nukleotida odredite imena vrsta slatkovodnih autohtonih rakova (vrste A, B, C i D) slijedeći ove upute:

1. Kopirajte sljedove nukleotida dobivene sekvenciranjem gena za citokrom-oksidazu I za vrstu A.
2. Klikom na poveznicu <https://bit.ly/2ZCKx1K> pristupit ćete bazi podataka NCBI (kratica za *National Center for Biotechnology Information*) i programu **BLAST** koji uspoređuje sekvene nukleotida ili proteina sa sekvenama pohranjenim u bazama podataka.
3. U izborniku odaberite mogućnost [Nucleotide BLAST](#).
4. „Zalijepite“ kopirane sljedove nukleotida na za to predviđeno mjesto na web stranici.
5. Odaberite opciju **BLAST**.
6. Nakon što program prikaže sekvene sa značajnim poravnavanjima, očitajte znanstveno ime vrste i zapišite ga na crtu pored oznake vrste na filogenetskom stablu.
7. Postupak ponovite za vrste B, C i D.



**Slika 1.** Filogenetsko stablo autohtonih (nativnih) vrsta rakova u Republici Hrvatskoj

3.2. Usporedite dihotomske ključeve temeljene na morfološkim značajkama koje ste izradili u prethodnoj aktivnosti s filogenetskim stablom autohtonih vrsta slatkovodnih rakova u Republici Hrvatskoj.

U kolikoj mjeri su slični dihotomski ključ za razlikovanje slatkovodnih deseteronožnih rakova i filogenetsko stablo u koje ste upisali imena vrsta, a koje ste pronašli u NCBI-u zahvaljujući postupku „blastanja“ mtDNA sekvenci?	Potpuno se razlikuju – 1	Djelomično se razlikuju – 3	Potpuno su isti – 5

Ako postoje razlike, navedite u čemu se sve razlikuju i obrazložite zbog čega su nastale te razlike.

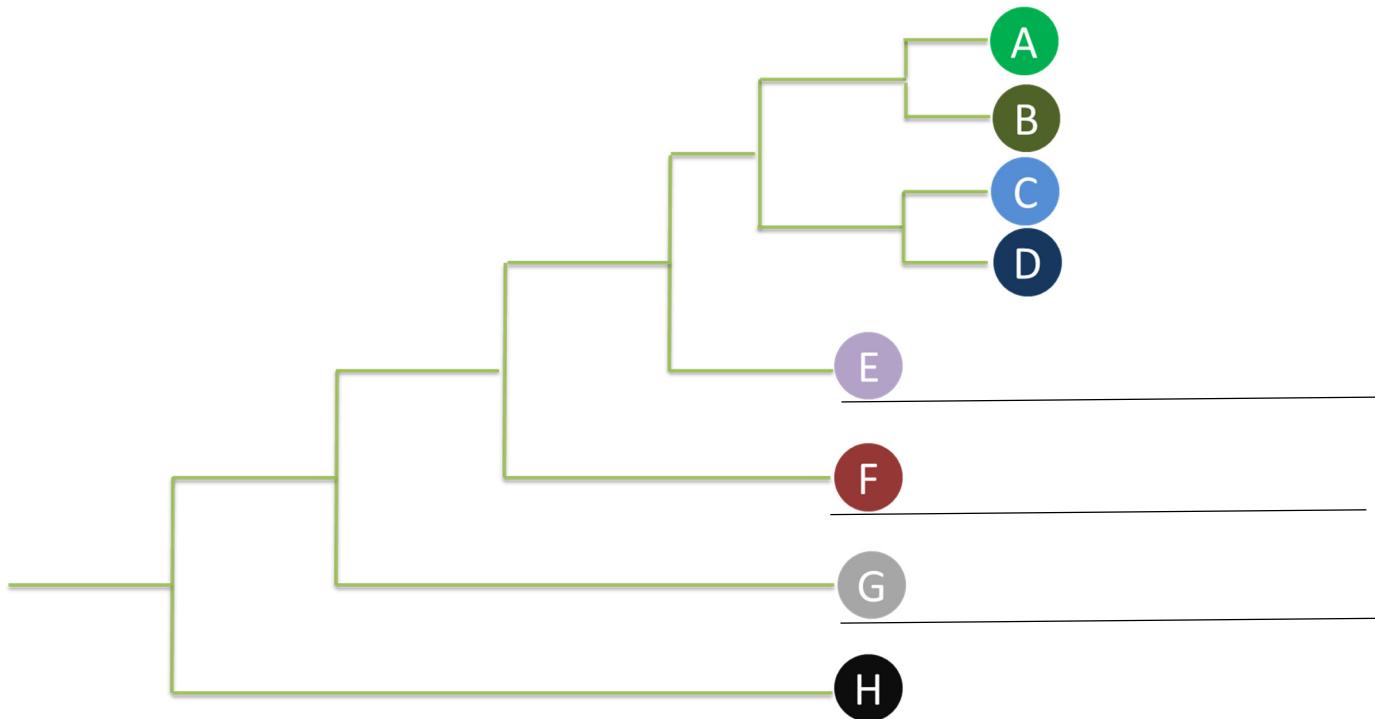
---

---

---

**AKTIVNOST 4.** Osim autohtonih vrsta slatkovodnih rakova (vrste A, B, C i D), u red Decapoda (deseteronožni rakovi) ubrajaju se i neke strane slatkovodne vrste te morske vrste rakova.

4.1. Na temelju priloženog filogenetskog stabla (Slika 2.) i sljedova nukleotida odredite imena odabralih vrsta deseteronožnih rakova (E, F, G i H) istim postupkom kao u AKTIVNOSTI 3. Znanstveno ime vrste zapišite na crtu pored oznake vrste na filogenetskom stablu.

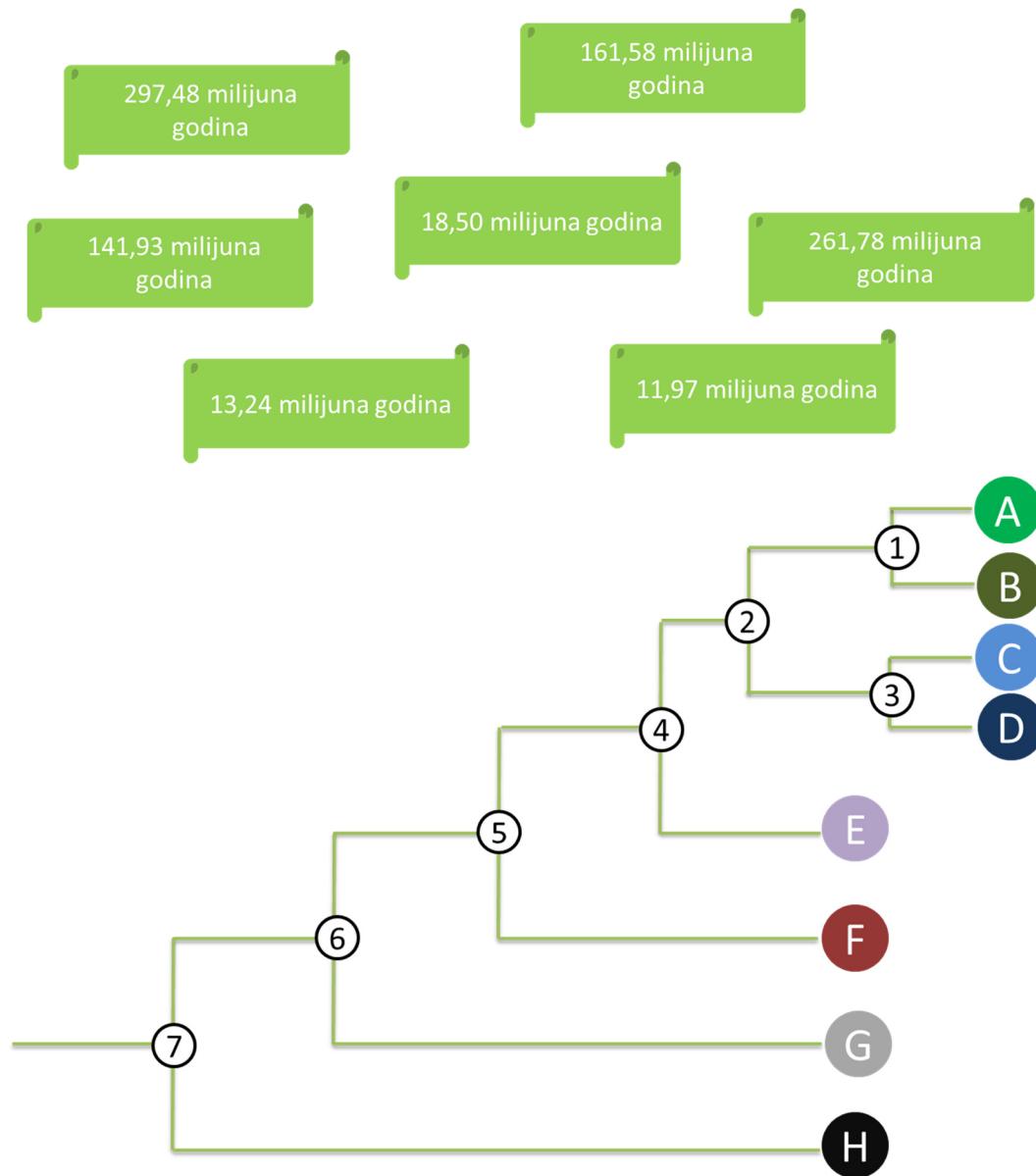


Slika 2. Filogenetsko stablo odabralih vrsta deseteronožnih rakova

4.2. Filogenetsko stablo prikazuje evolucijske odnose između različitih vrsta za koje se prepostavlja da imaju zajedničke pretke. Svaka točka grananja (tzv. čvor) na filogenetskom stablu predstavlja najmlađeg zajedničkog pretka dviju vrsta/dviju skupina na kraju grana (npr. čvor 1 predstavlja posljednjeg/najmlađeg zajedničkog pretka vrsta A i B, čvor 2 posljednjeg/najmlađeg zajedničkog pretka skupina AB i CD).

Vaš je zadatak pridružiti ponuđena vremena svakom čvoru i odrediti prije koliko je godina živio posljednji/najmlađi zajednički predak svih evolucijski srodnih vrsta ili skupina vrsta prikazanih filogenetskim stablom (Slika 3.).

Rješenja fotografirajte i postavite na BUBO forum ili Lino ploču (<http://en.linoit.com/>) te usporedite svoje odgovore s odgovorima ostalih grupa.



**Slika 3.** Filogenetsko stablo odabralih vrsta deseteronožnih rakova s označenim točkama grananja (tzv. čvorovima)

## IZLAZNA KARTICA

- Prije koliko godina je živio posljednji predak današnjih recentnih deseteronožnih rakova koji je prvi nastanjivao slatkvodna staništa? Podatak očitajte s filogenetskog stabla.

- 
- Vrste označene slovima A, B, C i D pripadaju porodici *Astacidae*, a vrsta F porodici *Cambaridae*. Sve vrste koje danas prirodno nastanjuju Europu ubrajaju se u porodicu *Astacidae*, dok porodica *Cambaridae* prirodno nastanjuje Sjevernu Ameriku i istok Azije. Na temelju podatka o starosti posljednjeg zajedničkog pretka ove dvije porodice (podatak očitajte s filogenetskog stabla) i događaja tijekom geološke prošlosti Zemlje objasnite današnju geografsku rasprostranjenost porodica *Astacidae* i *Cambaridae*. Odgovore podijelite s ostatkom razreda putem BUBO foruma ili digitalnog alata Lino (<http://en.linoit.com/> ).

- 
- 
- 
- Navedite tri prednosti utvrđivanja srodstva danas živućih rakova pomoću mtDNA. Odgovore podijelite s ostatkom razreda putem BUBO foruma ili digitalnog alata Mentimeter (<https://www.mentimeter.com/> ).